

Contribuição para o Estudo da Aprendizagem da Matemática e da Programação em Comunidades Virtuais de Prática com Foco no Uso de Robots como Mediadores da Aprendizagem

TESE DE DOUTORAMENTO

Elci Alcione Almeida dos Santos

DOUTORAMENTO EM MATEMÁTICA,
ESPECIALIDADE: ENSINO DA MATEMÁTICA

ORIENTAÇÃO

Eduardo Leopoldo Fermé
Elsa Maria dos Santos Fernandes



Contribuição para o Estudo da Aprendizagem da Matemática e da Programação em Comunidades Virtuais de Prática com Foco no Uso de Robots como Mediadores da Aprendizagem

Elci Alcione Almeida dos Santos

Licenciada em Matemática
Especialista em Educação Matemática
Mestre em Educação Multimédia

Orientadores:

Prof. Doutor Eduardo Leopoldo Fermé
Prof^a Doutora Elsa Maria dos Santos Fernandes

Tese submetida à Universidade da Madeira com
vista à obtenção do Grau de Doutor em Matemática
na especialidade de Ensino da Matemática

Funchal, julho de 2012

*À Laís,
Luiz Carlos,
Maria Olívia e
à memória do meu pai, Narciso.*

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Prof^ª Doutora Elsa Maria dos Santos Fernandes e Prof. Doutor Eduardo Leopoldo Fermé, do Centro de Competência de Ciências Exatas e da Engenharia da Universidade da Madeira, que tornaram possível a concretização do projeto DROIDE VIRTUAL e a conclusão deste doutoramento. Aos dois, o meu respeito e admiração pelo trabalho que desenvolvem e pela forma como conduziram esta orientação. À Elsa, por manter o meu espírito liberto para alcançar outros horizontes, viver outras experiências e encontrar o meu caminho. Ao Eduardo, por saber respeitar o meu desconforto, apreciar as minhas vitórias e ter a paciência necessária para lidar comigo.

Ao colega e amigo Luís Gaspar, por estar sempre disponível, pela grande ajuda em todas as fases do desenvolvimento do projeto e por ter sido sempre o amigo incansável que me ouviu e amparou nos momentos de crise informática.

À Paula, à Cristina, ao Lino e ao Miguel Ângelo, por terem abraçado este projeto e permitido que vivêssemos momentos salutares num ambiente de aprendizagem tão motivador.

A todos os alunos que participaram no projeto DROIDE VIRTUAL, por cada momento partilhado e por toda aprendizagem vivida. Um agradecimento especial ao Luís Ferreira e ao Francisco Azevedo, por terem passado as suas férias escolares na Universidade da Madeira a ajudar-me a resolver os problemas detetados na fase inicial do projeto.

À Anita, à Maria José e ao Nélon Vasconcelos, por estarem sempre disponíveis e por serem responsáveis por muitos momentos de alegria passados no DME.

Às minhas amigas Maribel, Teresa, Ana, Sandra, Elsa e Custódia, por estarem sempre ao meu lado, desejando o meu sucesso e apoiando as minhas decisões. Um carinho especial à Margarida, simplesmente por ser quem é, um exemplo de força e de grande coração, capaz de se esquecer de si própria para apoiar e consolar quem necessita.

Aos demais colegas e funcionários da Universidade da Madeira, que, embora aqui não mencionados individualmente, estão presentes na minha mente e no meu coração.

Ao CCM – Centro de Ciências Matemáticas, pela disponibilização de recursos para a aquisição de meios materiais que contribuíram para a viabilização do projeto.

À FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, pelo financiamento do Projeto DROIDE II – Robots em Educação Matemática e Informática (PTDC/CPE-CED/099850/2008), que permitiu a participação em reuniões e eventos.

A todos os que não foram aqui explicitamente citados, mas que, de alguma forma, deram o seu contributo.

Aos amigos que tenho espalhados pelo mundo, que partilharam a minha infância e juventude e que nem a distância nem o tempo fazem esquecer. Em especial à minha amiga Celina, companheira de lutas e de risos, por estar sempre de braços abertos, por acreditar em mim e por me consolar e abrigar dentro do seu imenso coração.

À minha família, que mesmo à distância está sempre comigo, que anseio por abraçar, que me acolhe em seu seio e me faz sempre feliz.

À minha amada filha, luz do meu caminho e alegria do meu viver, pela compreensão nos momentos em que não estive presente e pela ajuda em muitas fases deste trabalho.

Ao meu marido, por todo o seu amor e dedicação e pelo apoio na fase final do trabalho, incentivando-me a transpor os obstáculos para a sua conclusão.

Finalmente, agradeço a Deus pelo anjo que me acompanha todos os dias, que caminha ao meu lado e me guarda de todas as desventuras.

Índice

Resumo	xiii
Abstract	xv
Lista de figuras	xvii
Lista de tabelas	xix
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Contexto e motivação	1
1.2 Origem do estudo	3
1.3 Objetivos e questões de investigação	4
1.4 Estrutura da tese	5
Capítulo 2 – Enquadramento teórico	7
Parte I – Teoria da Aprendizagem Situada	8
2.1 Uma breve revisão sobre o panorama das teorias de aprendizagem	8
2.1.1 Teorias associacionistas de condicionamento.....	8
2.1.1.1 Teorias de condicionamento clássico	9
2.1.1.2 Teorias de condicionamento operante	9
2.1.2 Teorias de mediação	9
2.1.2.1 Teorias da aprendizagem social	9
2.1.2.2 Teorias do processamento da informação	10
2.1.2.3 Teorias cognitivistas	10
2.2 Abordagem sociocultural	11
2.2.1 Mediação e ferramentas culturais	12
2.3 Teoria da aprendizagem situada	15
2.3.1 Participação e reificação	17
2.3.2 Participação e não participação	18
2.4 Comunidades de prática	19

2.4.1	Elementos fundamentais de uma comunidade de prática	19
2.4.1.1	Domínio	19
2.4.1.2	Comunidade	20
2.4.1.3	Prática	20
2.4.2	Dimensões de uma comunidade de prática	21
2.4.2.1	Engajamento mútuo	21
2.4.2.2	Empreendimento conjunto	21
2.4.2.3	Repertório partilhado	22
2.4.3	Negociação de significado	22
2.4.4	Modos de pertença	24
2.4.4.1	Engajamento	25
2.4.4.2	Imaginação	25
2.4.4.3	Alinhamento	26
2.4.5	Identities e trajetórias	28
2.5	Comunidades virtuais de prática	32
2.5.1	O papel das tecnologias nas comunidades virtuais de prática	34
2.5.2	Dimensões de uma comunidade virtual de prática	35
2.5.3	Gestão dos recursos tecnológicos	36
2.5.4	Dinâmica das comunidades virtuais de prática	36
2.5.4.1	Ritmos de união e separação	38
2.5.4.2	Participação e reificação	39
2.5.4.3	Identidade individual e de grupo	40
2.5.5	Orientações de uma comunidade virtual	41
2.5.5.1	Reuniões	42
2.5.5.2	Projetos	43
2.5.5.3	Participação individual	44
	Parte II – Resolução de Problemas	49
2.6	A investigação sobre a resolução de problemas	49
2.7	Algumas definições	53
2.8	Tipos de problemas matemáticos	56
2.9	Etapas para a resolução de um problema	57
2.10	O papel da resolução de problema nos currículos	60

2.11	Tecnologias e resolução de problemas	64
Capítulo 3 – Uma breve revisão sobre o uso de robots como mediadores da aprendizagem		71
3.1	O uso de robots em comunidades virtuais	71
3.2	Outras formas de utilização de robots no ensino	75
Capítulo 4 – Metodologia de investigação		81
4.1	Definição do problema e opção metodológica	81
4.2	Recolha de dados	85
4.3	Análise de dados	86
4.4	Etapas da implementação do projeto DROIDE VIRTUAL	88
4.4.1	Planeamento do projeto	88
4.4.1.1	Requisitos e restrições de contexto na proposição dos problemas-desafio	89
4.4.1.2	Problemas-desafio	90
4.4.1.3	Tabuleiro	92
4.4.1.4	Robots	92
4.4.1.5	A escolha dos problemas-desafio	93
4.4.1.6	Plataforma de programação	96
4.4.1.7	Ferramentas de comunicação	96
4.4.1.8	Procedimentos	97
4.4.1.9	Tutores	98
4.4.2	Execução do projeto	98
4.4.2.1	Constituição dos grupos	98
4.4.2.2	Caracterização dos intervenientes	99
4.5	História do projeto DROIDE VIRTUAL contada na primeira pessoa	103
4.5.1	O início do projeto DROIDE VIRTUAL	104
4.5.2	A etapa presencial do projeto	105
4.5.3	A continuação do projeto DROIDE VIRTUAL	106
4.5.4	A etapa final do projeto	109
Capítulo 5 – Análise e discussão dos dados recolhidos		111
5.1	A prática da comunidade DROIDE VIRTUAL	111
5.1.1	As dimensões da comunidade DROIDE VIRTUAL	118

5.1.1.1	Engajamento mútuo	118
5.1.1.2	Empreendimento conjunto	121
5.1.1.3	Repertório partilhado	122
5.1.2	A negociação de significado e os padrões da prática	124
5.1.3	O papel dos robots na prática	127
5.2	A participação na prática da comunidade DROIDE VIRTUAL	129
5.2.1	Motivos para participar	131
5.2.2	Formas de participação	133
5.2.3	Modos de pertença	137
5.2.4	O papel dos tutores	138
5.3	A resolução de problemas com robots num contexto virtual	147
5.3.1	Compreensão do problema	148
5.3.2	Elaboração de um plano	149
5.3.3	Execução do plano	161
5.3.4	Avaliação	164
	Síntese	165
	Capítulo 6 – Conclusões e considerações finais	173
6.1	Principais conclusões do estudo realizado	173
6.1.1	A participação no mundo virtual e a aprendizagem	174
6.1.2	O papel da matemática na aprendizagem da programação com robots	177
6.1.3	O papel dos robots na aprendizagem	181
6.1.4	A prática da resolução de problemas no espaço virtual com a utilização de robots	183
6.2	Sugestões de trabalho futuro	187
	Referências bibliográficas	189
	Anexo A	209

Resumo

Contribuição para o Estudo da Aprendizagem da Matemática e da Programação em Comunidades Virtuais de Prática com Foco no Uso de Robots como Mediadores da Aprendizagem

O propósito deste estudo, desenvolvido no âmbito de um projeto de investigação que envolveu a utilização de robots na aprendizagem colaborativa da Matemática e da Informática através da *Web*, é analisar e discutir a noção de participação e o processo de construção do conhecimento em comunidades virtuais de prática.

O referido projeto foi desenvolvido em três etapas principais. Na primeira, foram selecionadas as ferramentas de comunicação a serem utilizadas. A segunda etapa envolveu a elaboração e contextualização dos problemas-desafio a serem resolvidos pelos grupos virtuais. A terceira e última etapa do projeto compreendeu o registo e a recolha dos dados e informações obtidos nas reuniões virtuais com grupos de alunos do Ensino Secundário e sua posterior análise, utilizando uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa, tendo como referencial teórico a teoria da aprendizagem situada de Lave e Wenger e os conceitos subjacentes às comunidades de prática, objetivando com isto melhor compreender os efeitos das tecnologias sobre tais comunidades, bem como as características da aprendizagem realizada em espaços virtuais.

A utilização de robots como mediadores da aprendizagem facilitou a exploração de conceitos abstratos fundamentais relativos às áreas da Matemática e da Informática, permitindo com isto que as tarefas de programação necessárias à resolução dos problemas propostos fizessem mais sentido, pelo facto dos resultados obtidos poderem ser concretizados no mundo real.

Palavras-chave: Aprendizagem situada; Comunidades virtuais de prática; Resolução de Problemas; Programação de computadores; Robótica educativa.

Abstract

*Contribution to the Study of Mathematics and Programming
Learning in Virtual Communities of Practice with Focus on
the Use of Robots as Learning Mediators*

The purpose of this study, developed within a research project that involved the use of robots in the collaborative learning of Mathematics and Informatics through the Web, is to analyse and discuss the notion of participation and the process of knowledge building in virtual communities of practice.

The project was developed in three main steps. In the first one, the communication tools to be used within the project were chosen. The second step involved the formulation and contextualization of the challenging problems to be solved by virtual groups. The third and final stage of the project involved the recording and collection of data and information from the virtual meetings with groups of high school students and their subsequent analysis using a qualitative interpretative approach, based on Lave and Wenger's theory of situated learning and the concepts underlying the communities of practice, aiming to better understand the effects of technology on such communities, as well as the characteristics of the learning that takes place in virtual spaces.

The use of robots as mediators of learning facilitated the exploration of the fundamental abstract concepts involved in the areas of mathematics and informatics, allowing the programming efforts necessary to solve the proposed problems could make more sense because the results were achieved in the real world.

Key-words: Situated learning; Virtual communities of practice; Problem solving; Computer programming; Educational robotics.

Lista de figuras

Figura 6.1 – As fases de conceção, comunicação e criação e sua relação com as etapas das estratégias de Pólya e de Perkins	184
Figura A.1 – Tabuleiro utilizado no projeto	209
Figura A.2 – Problema-desafio nº 8	210
Figura A.3 – Problema-desafio nº 3	210
Figura A.4 – Problema-desafio nº 4	211
Figura A.5 – Problema-desafio nº 2	211
Figura A.6 – Problema-desafio nº 5	212

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Atividades e ferramentas para as orientações	47
Tabela 2.2 – Comparação entre as estratégias de resolução de problemas e de programação de computadores	59

Capítulo 1

Introdução

Neste Capítulo, define-se o contexto da investigação e a motivação que levou ao seu desenvolvimento. Faz-se referência ao projeto DROIDE, que deu origem ao estudo, enunciando-se a seguir o problema e as questões de investigação. Finalmente, em linhas breves, descreve-se a metodologia usada neste trabalho e apresenta-se a estrutura da tese.

1.1 Contexto e motivação

A Internet possibilita o acesso a um enorme e rico volume de informações, o que leva a vivenciar o tempo, o espaço, as relações sociais, a representação de identidades e os conhecimentos adquiridos de uma maneira muito distinta daquela vivenciada localmente nas instituições escolares e familiares.

Como consequência dessa mudança, os contextos de ensino e aprendizagem têm vindo a se tornar mais complexos, uma vez que os alunos podem atualmente aprender através de uma variedade de espaços físicos e virtuais (Greenhow & Robelia, 2009), sendo a compreensão desta realidade importante para a adequada estruturação das novas formas de ensino e aprendizagem que ocorrem nesses espaços.

O crescente desenvolvimento das tecnologias e da Internet, com suas ferramentas de comunicação, tem contribuído para a constituição de grupos de indivíduos ligados por relações não formais, porém com interesses comuns. Estes grupos, ligados em rede, constituem as chamadas comunidades virtuais (Rheingold, 1993), que propiciam um espaço adequado para a construção coletiva do conhecimento, dando assim ênfase à natureza social da aprendizagem.

Embora o conceito de comunidade virtual ainda seja motivo de discussão e diferentes tipologias tenham sido propostas para tais comunidades em diferentes contextos (Burn & Barnett, 1999; Hercheui, 2011), o estudo das comunidades

virtuais, neste trabalho, tem por base a teoria de aprendizagem situada em comunidades de prática (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998; Wenger, McDermott, & Snyder, 2002), sendo dada ênfase à noção de participação na comunidade, fundamental para a construção da identidade e a concretização da aprendizagem.

Neste trabalho, são enfatizadas as comunidades virtuais de prática, ou seja, comunidades nas quais as tecnologias de informação e comunicação são empregues como meio primário de interação (Dubé, Bourhis, & Jacob, 2006; Correia, Paulos, & Mesquita, 2010), sendo analisada e discutida a participação dos indivíduos na comunidade que teve origem no projeto DROIDE VIRTUAL (Santos, Fermé, & Fernandes, 2007a; Santos, 2012), sobre a utilização de robots na aprendizagem de conceitos de Matemática e Informática, coordenado pela autora, que envolveu alunos e professores de instituições escolares de nível Secundário de distintas regiões de Portugal.

Para clarificar o trabalho desenvolvido, é necessário primeiramente falar sobre os caminhos que levaram à concretização do mesmo, sendo a sua descrição aqui feita na primeira pessoa.

Esses caminhos começaram pelas escolhas que marcaram o meu percurso de vida. Desde cedo, sabia que queria ser professora. Fiz o Curso de Magistério e, depois, optei pela Licenciatura em Matemática, no ramo Ensino, tendo posteriormente lecionado durante dez anos no Ensino Secundário.

A necessidade de aprender novas formas de ensinar os conteúdos matemáticos, para poder alcançar o maior número possível de alunos, fez com que desse seguimento à minha formação académica. Fiz, assim, um Curso de Especialização em Educação Matemática, durante o qual comecei a ter contacto com as tecnologias no ensino. Percebi, nessa época, que este era um mundo muito vasto, com muitas possibilidades, sendo grande o meu desconhecimento. Na altura, utilizava o computador para editar textos e pouco mais. No mesmo período, a Geometria passou a ser encarada de uma nova maneira e a ter outro significado, com o desenvolvimento e a crescente utilização de *softwares* de geometria dinâmica, como, por exemplo, o Cabri Géomètre e o Cinderella. Em resumo, havia muito para aprender.

Deixei-me levar pelo destino e, no início da década passada, vim parar à Ilha da Madeira. Optei, então, por fazer o Mestrado em Educação Multimédia na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, objetivando aprender mais sobre as tecnologias e seu emprego no ensino. Uma das disciplinas que fiz no referido curso foi a de Educação à Distância, tendo sido este o meu primeiro contacto com o *e-learning*, por meio da plataforma WebCT.

Comecei, na mesma época, a lecionar a disciplina de Métodos Computacionais para o Ensino da Matemática, da Licenciatura em Matemática – Ramo Ensino da Universidade da Madeira e, no decorrer da mesma, juntamente com os alunos, comecei a explorar *softwares* específicos para o ensino da Matemática, além de outros aplicativos de interesse.

Foram esses os anos em que mais aprendi e utilizei as tecnologias, tendo o Mestrado em Educação Multimédia contribuído para alargar os meus horizontes e perceber que a tecnologia que pode ser aplicada ao ensino é muito mais vasta do que aquela usualmente utilizada numa disciplina específica.

Posteriormente, comecei a lecionar a disciplina de Tecnologias de Informação no Ensino, destinada aos alunos da Licenciatura em Matemática – Ramo Ensino e da Licenciatura em Ensino de Informática.

Em 2005, teve início na Universidade da Madeira o projeto DROIDE (Fermé & Fernandes, 2005), focando o uso de robots como elementos mediadores da aprendizagem da Matemática e da Informática, tendo o meu envolvimento nas atividades de investigação levado à ideia da proposição do projeto que deu origem ao trabalho descrito nesta tese.

A experiência que estávamos a vivenciar com os alunos do Ensino Básico e do Secundário no desenvolvimento das atividades com os robots, a curiosidade em perceber como os alunos aprendem num espaço não físico, as relações que são estabelecidas, a função do professor, o papel dos alunos, como estes aprendem a programar, bem como o contributo do uso de robots na aprendizagem, nomeadamente de conceitos de programação e de matemática, foram algumas das questões que pretendíamos ver respondidas ao propor o projeto DROIDE VIRTUAL.

Portanto, este trabalho, utilizando dados do referido projeto, objetiva focar a aprendizagem de conceitos matemáticos, de algoritmia, de programação, ou seja, de tudo aquilo que aprendemos em interação social. Não há somente um olhar, pois não é possível esquecer a minha motivação inicial.

1.2 Origem do estudo

O desenvolvimento, na sala de aula, de projetos simples de robótica pode estimular a criatividade e contribuir para o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas reais (Fagin, 2000), além de proporcionar uma materialização visível das teorias e métodos envolvidos (Finke, Hommel, Scheffer, & Wysotzki, 1996). A aplicação pedagógica da robótica permite ainda uma maior transversalidade curricular, promove a flexibilidade cognitiva e incentiva o

trabalho colaborativo, possibilitando, com isto, que o aluno seja capaz de construir o seu próprio conhecimento (Barriuso *et al.*, 2004).

Tendo isso em conta, em outubro de 2005 foi criado na Universidade da Madeira o projeto DROIDE: Robots como Mediadores da Aprendizagem, tendo como principais objetivos:

- criar problemas nas áreas da Matemática e da Informática a serem resolvidos com os robots;
- implementar a solução de problemas utilizando a robótica em três níveis distintos de ensino: Matemática no nível Básico e Secundário, Informática no nível Secundário e Inteligência Artificial, Didática da Matemática e Didática da Informática no nível Superior;
- analisar a atividade dos estudantes durante a resolução de problemas com o uso de robots nesses diferentes contextos de sala de aula (Fermé & Fernandes, 2005).

O projeto DROIDE incluiu um laboratório de apoio às já referidas disciplinas de Inteligência Artificial, Didática da Matemática e Didática da Informática, com *kits* de robots LEGO® Mindstorms® RCX e NXT, que trouxeram outra dinâmica às aulas. Além das atividades desenvolvidas nas escolas da Região Autónoma da Madeira e no Laboratório DROIDE, o projeto original estendeu-se, levando à criação de dois novos projetos:

- DROIDE MLP, que teve por objetivo criar uma plataforma multilinguagens para a programação de robots LEGO;
- DROIDE VIRTUAL, descrito com mais detalhes no Capítulo 4, no âmbito do qual foi desenvolvida a parte experimental deste trabalho.

O sucesso obtido com a utilização dos robots na aprendizagem de conceitos matemáticos e de programação, nas atividades desenvolvidas na sala de aula no âmbito do projeto DROIDE, levou naturalmente à ideia da investigação da aprendizagem em ‘salas virtuais’, igualmente com o emprego de robots como elementos mediadores da aprendizagem.

1.3 Objetivos e questões de investigação

Como foi antes referido, o projeto DROIDE VIRTUAL foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para a compreensão da aprendizagem de conceitos matemáticos e de programação, em contexto virtual, com a utilização de robots como elementos mediadores dessa aprendizagem.

As principais questões que orientaram o desenvolvimento do trabalho de investigação aqui descrito foram as seguintes:

- Como se caracteriza a participação no mundo virtual e que aprendizagens emergem dessa participação?
- Qual o papel da Matemática na aprendizagem da programação?
- Qual o papel dos robots na participação nesse mundo virtual?
- Como se caracteriza a prática da resolução de problemas, com a utilização de robots, num espaço virtual?

A componente empírica deste trabalho de investigação foi realizada com a análise dos dados recolhidos num espaço *online* preparado com o propósito de criar condições ao estudo. A observação participante foi a estratégia principal e adquiriu o estatuto de método de recolha de dados.

Os dados recolhidos e analisados emergiram da participação nas 96 reuniões virtuais realizadas, gravadas em texto e em vídeo, sendo a análise efetuada à luz da teoria da Aprendizagem Situada e da Resolução de Problemas.

1.4 Estrutura da tese

Este trabalho está estruturado em seis Capítulos.

O Capítulo 2 apresenta uma visão geral das teorias que sustentam este trabalho. A teoria da Aprendizagem Situada de Lave e Wenger e as potencialidades das comunidades de prática como ambientes de interação social propiciadores da aprendizagem é apresentada na primeira parte desse Capítulo, dando-se especial destaque às comunidades virtuais de prática, por serem espaços que extrapolam os limites presenciais e permitem o empenho conjunto na transformação do conhecimento, discutindo-se, ainda, de maneira sucinta, o papel das tecnologias nesses contextos. A segunda parte aborda a Resolução de Problemas, fazendo-se uma breve revisão da evolução da investigação sobre este tema, a explicitação da terminologia adotada, a descrição dos diferentes tipos de problemas matemáticos e as etapas para a sua resolução, discutindo-se ainda o papel da resolução de problemas nos currículos. Com relação às etapas para a resolução de problemas, apresenta-se o modelo de Pólya, empregue neste trabalho, bem como as principais heurísticas utilizadas. Destaca-se, ainda, o papel das tecnologias na resolução de problemas.

No Capítulo 3, é feita uma revisão sucinta dos principais trabalhos existentes na literatura sobre o uso de robots como mediadores da aprendizagem,

nomeadamente em contextos virtuais, objetivando melhor contextualizar a investigação realizada.

A opção metodológica adotada neste estudo, a qual tem por base a metodologia da investigação qualitativa, com uma abordagem interpretativa, tendo a observação participante como método de recolha de dados, é descrita no Capítulo 4, sendo nele também feita uma apresentação geral do estudo realizado, relatando o contexto em que ocorreu, a sua duração e como foi desenvolvido.

A análise dos resultados obtidos neste estudo é apresentada ao longo do Capítulo 5, que aborda os diferentes aspetos da aprendizagem enfatizados neste trabalho de investigação. Faz-se uma análise da aprendizagem da programação com a utilização de robots e discute-se a prática na comunidade DROIDE VIRTUAL, a negociação entre os seus membros, que conduziu à resolução dos problemas-desafio propostos, bem como as dimensões da referida comunidade.

A aprendizagem como participação no contexto da comunidade DROIDE VIRTUAL também é abordada, destacando-se as distintas formas de participação, os motivos que a ela levaram, bem como os momentos de participação que resultaram na aprendizagem vivenciada.

O terceiro aspeto da aprendizagem enfatizado no âmbito deste estudo, nomeadamente a aprendizagem da resolução de problemas em contexto virtual mediada por robots, finaliza esse Capítulo, dando-se destaque às diferentes etapas do processo de resolução de problemas utilizadas pelos alunos na abordagem aos problemas-desafio propostos.

Finalmente, no Capítulo 6, encontram-se sumarizadas as principais conclusões deste estudo, sendo ainda apresentadas algumas sugestões para trabalho futuro.

Capítulo 2

Enquadramento Teórico

O quadro conceptual da investigação está apoiado nas teorias da Aprendizagem Situada e da Resolução de Problemas. A Parte I inicia com a classificação das teorias da aprendizagem em dois grandes blocos: as teorias associacionistas e as de mediação. Nas teorias de mediação encontram-se as raízes para as demais teorias que sustentam o enquadramento teórico deste trabalho. Iniciando com uma breve explicação sobre a abordagem sociocultural e a importância da mediação e das ferramentas culturais para a aprendizagem, segue com uma discussão mais profunda da teoria da aprendizagem situada e das comunidades de prática, dada a sua relevância para este trabalho. A Parte I finaliza com as comunidades virtuais de prática, dando-se especial atenção ao papel das tecnologias e às exigências, para as comunidades, decorrentes da sua utilização.

A Parte II expõe uma breve síntese do percurso da investigação sobre a Resolução de Problemas e a sua relação com a aprendizagem da Matemática. Clarifica o significado de alguns termos utilizados neste estudo e a opção pela denominação de problema-desafio, quando, mais adiante, se refere aos problemas construídos para dar suporte à competição desenvolvida no âmbito da investigação. Apresenta também algumas das classificações propostas por diversos autores para os diferentes tipos de problemas existentes, bem como as etapas necessárias à sua resolução. Para finalizar, tece algumas considerações sobre o modo como tem sido encarado o papel da resolução de problemas nos currículos e tenta mostrar a relação da Matemática com a Informática, em particular com a programação, assim como a contribuição das tecnologias para a Resolução de Problemas.

Parte I

Teoria da Aprendizagem Situada

2.1 Uma breve revisão sobre o panorama das teorias de aprendizagem

Existem muitos estudos sobre a aprendizagem, sobretudo sobre as concepções da aprendizagem em diferentes teorias. Segundo Moreira (1999), uma teoria nasce da tentativa do homem de interpretar sistematicamente uma determinada área do conhecimento. Sendo uma interpretação humana, depende dos fatores sociais, culturais e económicos da época em que o estudo é desenvolvido e da perspectiva que cada teórico da área tem da realidade e do objeto em estudo.

Desde o século XVII, têm sido propostas diferentes teorias sobre a aprendizagem. Com a emancipação da Psicologia como ciência, no século XIX, a aprendizagem passou a ser objeto de estudo das teorias psicológicas. Sendo a Psicologia uma área do conhecimento caracterizada pela presença de várias correntes de pensamento, que podem ou não se complementar, tem-se hoje uma variedade de teorias de aprendizagem originárias dessas diferentes vertentes de pensamento, existindo ainda, para além destas, outras teorias com bases e enfoques distintos.

Na *Encyclopedia of Psychology* (Palya, 2012), estão descritas mais de cinquenta teorias sobre a aprendizagem em distintos estádios do desenvolvimento humano. Da leitura efetuada, pode-se identificar vários pontos comuns a muitas delas, o que faz com que diferentes autores, de acordo com os aspetos que procuram evidenciar, prefiram agrupá-las de maneiras distintas. Neste trabalho, optou-se por adotar o critério proposto por Pérez Gómez (1996), que analisou as teorias de aprendizagem a partir das suas implicações didáticas, classificando-as em dois grandes grupos: as teorias associacionistas de condicionamento e as teorias de mediação.

2.1.1 Teorias associacionistas de condicionamento

São as teorias baseadas no comportamentalismo. Concebem a aprendizagem como um processo cego e mecânico de associação de estímulos e respostas provocado e determinado por condições externas e ignoram a

intervenção mediadora de variáveis referentes à estrutura interna. Dentro deste grupo pode-se distinguir duas correntes:

2.1.1.1 Teorias de condicionamento clássico

Nas teorias de condicionamento clássico o comportamento é observável, mensurável e pode ser medido, sendo a aprendizagem estabelecida por associação de estímulos proveniente do meio envolvente.

2.1.1.2 Teorias de condicionamento operante

Por sua vez, nas teorias de condicionamento operante, as mudanças de comportamento ocorrem através de respostas individuais a estímulos que surgem no meio envolvente, sendo necessário reforçar o comportamento para fortalecer tais estímulos. De acordo com essa corrente, a aprendizagem estabelece-se por meio do reforço e da técnica de ignorar o comportamento.

2.1.2 Teorias de mediação

Neste segundo grupo existem múltiplas correntes, cada uma delas com aspetos importantes e significativos que as diferenciam. Segundo Pérez Gómez (1996), todas estas correntes apresentam pontos-chave em comum, tais como a importância de variáveis internas, a consideração do comportamento como um todo e também a supremacia da aprendizagem significativa. Tendo em conta os pontos comuns entre elas, agrupou-as em três correntes, nomeadamente as teorias da aprendizagem social, as teorias do processamento de informações e as teorias cognitivas, que são a seguir sumariamente descritas.

2.1.2.1 Teorias da aprendizagem social

Nas teorias da aprendizagem social o comportamento humano é explicado em termos de uma interação recíproca constante entre determinantes cognitivos, comportamentais e ambientais, sendo os comportamentos aprendidos por meio da observação e imitação de um modelo, isto é, pela modelação. O indivíduo intervém ativamente uma vez que não se limita a reproduzir o modelo da forma exata que observa, mas sim como o interpreta.

A aprendizagem por observação é governada por quatro processos constituintes, nomeadamente atenção, retenção, produção e motivação. Para aprender qualquer coisa é necessário atenção. A retenção do comportamento

observado depende das imagens mentais e das representações verbais que permitem armazenar mentalmente o formato ou descrição verbal do modelo para depois lembrá-lo e reproduzi-lo sobre seu próprio comportamento. Para incorporar o modelo e ser capaz de reproduzi-lo são necessárias habilidades cognitivas e motoras adequadas. Por fim, a motivação é a razão pela qual um modelo é reproduzido. A teoria da aprendizagem social é a única que não fala da necessidade de ensino e baseia-se na premissa de que o comportamento humano é largamente adquirido e que os princípios de aprendizagem são suficientes para explicar o desenvolvimento e a manutenção desse comportamento (Hall, Lindsey, & Campbell, 2000).

Outras teorias, como a teoria da aprendizagem situada têm suas raízes nas teorias da aprendizagem social e destacam aspectos diferentes do problema multidimensional da aprendizagem. Esta teoria será discutida com mais profundidade neste capítulo por ser utilizada mais fortemente neste trabalho.

2.1.2.2 Teorias do processamento da informação

As teorias do processamento de informações consideram que cada ser humano é um processador ativo de sua experiência através de um sistema complexo, no qual a informação é recebida, processada, armazenada, recuperada e utilizada. Este modelo é apoiado em dois tipos de memória; memória de curto prazo e memória de longo prazo. A componente de memória de curto prazo é uma memória que gera e manipula a informação que constitui a atenção do indivíduo. Enquanto a memória de curto prazo tem uma duração de alguns segundos e pouca capacidade, a memória de longo prazo aparenta uma capacidade e duração ilimitadas. A interação entre as componentes de curto e de longo prazo são os focos da aprendizagem (Atkinson & Shiffrin, 1968). Isto significa que o indivíduo não responde diretamente ao mundo real, mas a própria representação subjetiva mediada dele. É uma perspectiva cognitiva, pois implica a primazia dos processos internos e a mediação entre o estímulo e a resposta.

2.1.2.3 Teorias cognitivistas

O modelo cognitivista de aprendizagem ocupa-se mais das variáveis que intervêm nos processos mentais superiores — percepção, processamento de informação, compreensão, resolução de problemas — do que dos estímulos e respostas, tendo as estruturas cognitivas internas um papel predominante em todos esses processos. A aprendizagem é vista como transformações destas estruturas e envolve os novos significados que são adquiridos. O indivíduo interage

com o meio, desenvolve sua compreensão do mundo e age segundo essa compreensão de forma consciente e participante (Moreira & Massini, 1982).

Dentro das teorias cognitivas Pérez Gómez (1996) distinguiu várias correntes, dentre elas, a corrente gestaltista da aprendizagem, a corrente da psicologia genético-cognitiva e por último a corrente da psicologia dialética.

Para a corrente da *Gestalt*, a aprendizagem é um processo de significado determinado pelo mundo exterior e integrada na totalidade psicológica do sujeito. A atividade humana não é um somatório de reações a estímulos, mas sim uma resposta a compreensão das situações e ao significado que confere aos estímulos.

Na abordagem da psicologia genético-cognitiva, está a teoria cognitiva de Piaget, denominada de epistemologia genética, que parte do pressuposto que existe continuidade entre os processos puramente biológicos de morfogênese e adaptação ao meio e a inteligência. Para Piaget o comportamento dos seres vivos não é inato, nem resultado de condicionamentos, mas sim construído numa interação entre o meio e o indivíduo, sendo o comportamento controlado por meio de organizações mentais denominadas 'esquemas', que o indivíduo utiliza para representar o mundo e para escolher as ações. A aprendizagem é um processo individual baseado no desenvolvimento cognitivo de cada um e a aprendizagem só acontece quando os esquemas de assimilação sofrem acomodação, ou seja, uma reestruturação da estrutura cognitiva (Piaget, 2002).

Na corrente da psicologia dialética a formação das estruturas formais da mente é resultado da bagagem cultural produto da evolução histórica da humanidade, que se transmite na relação educativa. As conquistas históricas da humanidade, que se comunicam de geração em geração, não só implicam conteúdos, conhecimentos da realidade, espaço temporal e cultural, como também supõe formas, modelos de conhecimento, de investigação, que o indivíduo capta, compreende, assimila e pratica, portanto, a linguagem é o instrumento prioritário de transmissão social.

2.2 Abordagem sociocultural

Vygotsky procurou construir uma nova abordagem para o estudo da aprendizagem e do desenvolvimento analisando as relações entre o desenvolvimento sociocultural e sócio histórico das atividades e sociedades humanas por um lado e, por outro, o que essas transformações implicam para a aprendizagem e o desenvolvimento dos indivíduos durante a sua vida. Partiu do princípio de que o homem é um ser racional em busca de compreender os elementos que integram a sua realidade, atribuindo-lhes sentidos e significados a

partir da vida em sociedade. Suas ideias estiveram adormecidas até que por volta dos anos 70 a 80 do século XX, Lúria, Leont'ev e também acadêmicos do ocidente como Bruner, Cole e Wertsch fizeram ressurgir a influência do legado de Vygotsky (Säljö, 2010).

Vygotsky e seus seguidores falavam de uma abordagem histórico-social (Luria, 1981) ou histórico-cultural. Outros acadêmicos, como Cole (1998) e Zinchenko (1998), quando se referem às escolas de Vygotsky, Leont'ev e Luria, optam por utilizar o termo histórico-cultural. No entanto, o termo atualmente mais utilizado passou a ser sociocultural, pelo menos no ocidente, por se tratar de como esse legado tem sido apropriado em debates contemporâneos nas ciências humanas. A razão para isto tem a ver com a questão de como a cultura é compreendida pelas várias partes envolvidas (Wertsch, Del Río, & Alvarez, 1998).

Nos trabalhos de Vygotsky, a construção da mediação desempenhou um papel teórico central, enquanto na teoria de Leont'ev o foco estava na atividade e na ação. As noções de ferramentas culturais e ação mediada surgem como estruturas de base na formulação da investigação sociocultural.

2.2.1 Mediação e ferramentas culturais

O conceito de mediação está presente na literatura filosófica, nas enunciações da psicologia e nos fundamentos das relações pedagógicas, sendo essencial para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem e das formas de apropriação do conhecimento. Mediação, em termos gerais, “é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação, que deixa de ser direta para ser mediada por esse elemento” (Oliveira, 2008).

Para Vygotsky existem dois tipos de elementos mediadores, os instrumentos, distintas formas de extensão do homem no mundo, e os signos, diferentes formas de representação e linguagem. O instrumento é um elemento intermediário entre o indivíduo e o objeto do seu trabalho, que aumenta as possibilidades de transformação da natureza, enquanto o instrumento é criado ou explorado particularmente para um certo objetivo, trazendo consigo a utilidade para o qual foi criado e o modo de utilização desenvolvido durante a história do trabalho coletivo. Assim, o instrumento é um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo.

Ainda na perspectiva de Vygotsky, mas numa interpretação contemporânea da psicologia sociocultural, Ratner (1985) concebe três tipos distintos de mediação: a consciência ou atividade mental, a cooperação social que inclui a linguagem e as interações e os instrumentos, que incluem a tecnologia. Para este

autor, os instrumentos são acessórios utilizados para ampliar os poderes naturais do organismo físico, sendo portanto extensões do homem no mundo.

Ao fazer uma analogia entre a utilização de instrumentos para o trabalho manual e a utilização de signos para o trabalho intelectual, Vygotsky sugere que os agentes mediadores têm uma natureza cultural, que abrange tanto a função como a origem dos instrumentos. Quanto à função, da mesma maneira que a ação do homem no mundo físico envolve a mediação por meio de instrumentos, por exemplo, um médico pode utilizar um robot para fazer cirurgias à distância, a ação mental também é mediada por instrumentos psicológicos designados sistemas de signos, que representam outros objetos, eventos ou situações. Por exemplo, o numeral romano C é um signo para a quantidade 100, enquanto que a palavra mesa é um signo para o objeto mesa (Abreu, 2000).

Quanto à origem, os sistemas de signos, tanto quanto os sistemas de instrumentos são concebidos pelas sociedades ao longo do seguimento da história humana e alteram a configuração social e o grau de seu desenvolvimento cultural (Cole & Scribner, 1984).

Dentro deste mundo mediado, condicionado e humanizado pelo homem começa o desenvolvimento mental e psíquico do indivíduo (Leont'ev, 1973). Quando este entra em contato com os objetos materiais não só relaciona cores, formas, espaços, volumes, peso e outras características físicas dos objetos ou instrumentos, mas também relaciona com a intenção social por trás da sua construção, bem como a funcionalidade social em que o objeto ou dispositivo foi usado nos processos de utilização ou troca. Através de interações o indivíduo passa a compreender as representações mentais do seu grupo social e assim aprende.

De acordo com alguns autores, como Dewey (1938) e Cole (1990), a mediação é a solução para entender a ação e a natureza humana. As ferramentas ou artefactos culturais envolvidos na mediação têm um papel central ao modelar a ação, mas não têm poder isoladamente, pois não causam ação. Uma análise, mesmo que profunda, desses artefactos não é capaz de, por si só, dizer-nos como foram acedidas e utilizadas por indivíduos para levar à ação. Somente quando os indivíduos as utilizam é que estas têm impacto, portanto a mediação é um processo dinâmico que envolve o potencial dos artefactos culturais para modelar a ação e o significado único que estes artefactos têm naquela ação. Se a mediação é um processo dinâmico, então a introdução de um novo artefacto cultural forçosamente irá modificar esse processo (Wertsch *et al.*, 1998).

A mediação tanto envolve a consolidação da ação mediada como também limitações desta. Ao planear novas formas de mediação o foco recai em como estes artefactos culturais podem suplantam determinado problema percebido em

configurações de ação mediada já existentes mas, ao mesmo tempo, um artefacto também introduz suas próprias limitações, sendo necessário refletir, criticar e modificá-los quando inadequados.

A espécie humana tem a capacidade de habitar ambientes transformados pela atividade dos primeiros membros da sua espécie. Essas transformações e o mecanismo de como são transferidas de uma geração para outra são o resultado da aptidão dos seres humanos de criar e utilizar artefactos (Cole, 1998).

Os artefactos não existem isoladamente, estão entrelaçados entre si e com as vidas sociais dos seres humanos que intervêm de inúmeras maneiras. Considerados no total, constituem o meio que se conhece como cultura.

Vygotsky (1997) estabeleceu uma distinção entre ferramentas intelectuais e físicas. As ferramentas intelectuais são constituídas pelos sistemas simbólicos utilizados em atividades como a escrita, a contagem e a medição, sendo as ferramentas físicas constituídas por artefactos como, por exemplo, réguas, compassos, martelos, calculadoras e computadores (Säljö, 1999). No entanto, a distinção entre estes dois tipos de ferramentas nem sempre é simples. Por exemplo, uma calculadora e um ábaco são artefactos, mas ambos, embora de maneiras distintas, incorporam ferramentas intelectuais como sistemas de numeração e regras para a realização dos cálculos (Cole, 1996).

Wartofsky (1973) classificou os artefactos em três níveis. O primeiro nível abrange os artefactos primários, que compreendem todos aqueles utilizados diretamente na produção, ou seja, aqueles que correspondem ao conceito de ferramenta, como, por exemplo, computadores e redes de telecomunicações (Cole, 1998).

O segundo nível, que engloba os artefactos secundários, abrange os tipos de ação desenvolvidos com a utilização de artefactos primários, bem como as representações destes últimos. D'Andrade (1984, p. 93) cita os modelos culturais como exemplo de artefactos secundários, os quais, segundo esse autor, “mostram não só o mundo dos objetos físicos, como também mundos mais abstratos, como a interação social, o discurso e o significado da palavra”.

No último nível, estão os mundos imaginários que constituem os artefactos terciários. Tais artefactos, segundo Wartofsky (1973, p. 208), “podem vir a constituir um mundo relativamente autónomo, no qual as regras, convenções e resultados não parecem mais ser diretamente práticos”. Este tipo de artefactos pode contribuir para transformação da maneira como o mundo real é visto. Segundo Cole (1998), as formas de comportamento adquiridas na interação com artefactos terciários podem ser transferidas para outros contextos não imediatos.

Uma classificação distinta, envolvendo a utilização de artefactos numa dada atividade, foi proposta por Engeström (1999), que sugere quatro tipos de artefactos: artefactos ‘o quê’, empregues na identificação e descrição dos objetos, artefactos ‘como’, utilizados no encaminhamento e condução de processos e procedimentos sobre, com ou entre objetos, artefactos ‘porquê’, utilizados no diagnóstico e elucidação das propriedades e comportamentos dos objetos, e artefactos ‘para onde’, utilizados na predição do estado futuro ou do possível progresso dos objetos, incluindo instituições e sistemas sociais.

Neste estudo, os termos ferramenta, instrumento e artefacto, embora seja este último mais abrangente (Cole, 1998), são usados de forma indistinta quando referidos como elementos mediadores da aprendizagem, optando-se aqui pela classificação de Wartofsky (1973), considerando-se os robots como artefactos primários.

2.3 Teoria da aprendizagem situada

A teoria da aprendizagem situada tem como ponto fundamental as relações entre a aprendizagem e as situações sociais nas quais esta ocorre. Lave e Wenger (1991) circunscrevem a aprendizagem de maneira oposta aos cognitivistas. Na sua ótica antropológica, o foco da aprendizagem está na relação dos indivíduos com a comunidade, enquanto que na visão psicológica este foco está na cognição. Assim, de acordo com esses autores, aprender é um aspeto central e inseparável da prática social, que ocorre nas comunidades de prática, tendo os mesmos denominado participação legítima periférica ao processo por meio do qual os recém-chegados se tornam parte destas comunidades.

A noção de periferia não está associada a nenhum lugar e também não implica que exista um centro ou núcleo na comunidade. Estar na periferia sugere que existem muitas formas, mais ou menos comprometidas, de se estar nos espaços de participação definidos pela comunidade. Assim, estar na periferia não significa inferioridade, mas, pelo contrário, é uma posição que habilita ao poder, sendo o desejo de se transformar num participante pleno o que determina a trajetória de aprendizagem e define a identidade.

A participação legítima periférica proporciona uma maneira de descrever as relações entre os recém-chegados e os veteranos, para além das atividades, identidades, artefactos e comunidades de conhecimento e prática.

Segundo Brown, Collins e Duguid (1989), o conhecimento é situado, sendo produto da atividade, do contexto e da cultura onde se desenvolve, uma vez que é

no contexto das atividades que as pessoas constroem conceitos, os quais irão se transformar à medida que estas se relacionam com outros indivíduos.

O significado, a compreensão e a aprendizagem estão definidos em relação aos contextos de atividade, mediados pelas diferentes perspectivas dos participantes. As interações que acontecem pelo facto de viver no mundo são vistas no sentido do desenvolvimento da identidade além do processo e produção de significados (Brown *et al.*, 1989; Lave & Wenger, 1991; Barab & Duffy, 2000).

Segundo Wenger (1998), as teorias sociais da aprendizagem podem ajudar a compreender a aprendizagem que ocorre nas comunidades. Segundo esse autor, essas teorias constroem-se na interseção entre dois eixos. Um eixo vertical disposto pelas teorias que favorecem a estrutura social (instituições, normas, regras, sistemas culturais, discurso, história) e as que favorecem a experiência situada (improvisação, coordenação, interação, atividades), e um eixo horizontal disposto pelas teorias da prática social (organização e coordenação de atividades, partilha de recursos em sistemas sociais) e a teoria da atividade (pertencas, formação social da pessoa, categorias sociais).

Este campo de teorias sociais com quatro extremos demarca as inspirações da teoria proposta por Wenger, que tem suas raízes na sociologia, com Weber, representado pelas teorias da estrutura social; na atividade, com Vygotsky; nas práticas sociais e na identidade (Figueiredo, 2002).

Acrescenta ainda mais dois eixos diagonais para representar as teorias da coletividade (globalidade, localidade, coesão social) e as da subjetividade e por último, as teorias do poder com as teorias do significado.

Todas estas dimensões, assim combinadas, fundamentam as quatro componentes que, segundo Wenger (1998), uma teoria social de aprendizagem deve integrar para caracterizar a participação social como um processo de aprender e conhecer:

- o significado, que expressa a capacidade — individual e coletiva — dos indivíduos de encontrar um sentido para viver no mundo;
- a prática, que expressa toda a vivência partilhada de recursos e perspectivas que mantêm o engajamento mútuo na ação, ou seja, aprender fazendo;
- a comunidade, onde são definidas as iniciativas e a participação é valorizada, onde a aprendizagem é construída num sentido de pertença,
- a identidade, que mostra como a aprendizagem produz mudanças no indivíduo e constrói histórias pessoais no contexto das comunidades a

qual pertence, acontecendo a aprendizagem através do processo de construção da identidade.

Todos estes elementos estão profundamente interligados e definem-se mutuamente. Partindo destes elementos, embora sem os explorar em todos os seus aspetos, e partindo daquilo que aqui é considerado o ponto fulcral desta teoria que é a participação, apresentar-se e discute-se os conceitos que emergiram como mais relevantes no contexto deste trabalho.

2.3.1 Participação e reificação

Wenger (1998) utiliza o termo participação para descrever a experiência de viver no mundo pertencendo a comunidades sociais e estando profundamente envolvido nos empreendimentos da mesma. A participação em comunidades sociais molda a experiência de cada indivíduo como também as próprias comunidades. Molda não apenas o que cada indivíduo faz, mas também quem ele é e como interpreta o que faz, envolvendo todo o tipo de relações, desde as conflituosas ou harmoniosas até as competitivas ou cooperativas

Participar é mais do que empenhar-se em tarefas específicas, refere-se ao processo de tomar parte e tem um sentido intrinsecamente social, pois mesmo ao empreender uma tarefa individualmente, existe um cenário próprio, que é público, bem como a implicação dos pares neste processo, o que sugere tanto ação como conexão.

Segundo Wenger (1998), reificação significa a transformação de algo abstrato em coisas materiais, factos concretos e também em reflexões sobre as práticas, sendo assim, é resultado da interpretação individual de viver no mundo, podendo ocorrer por meio de uma grande variedade de processos, que incluem fazer, conceber, representar, nomear, codificar e descrever, bem como perceber, interpretar, utilizar, reutilizar, decodificar e remodelar.

Na participação, o indivíduo reconhece-se nos outros, enquanto que na reificação projeta-se no mundo. Na sua interação, a participação e a reificação são, ao mesmo tempo, distintas e complementares e para possibilitar uma é necessário possibilitar a outra, sem no entanto, substituir uma a outra. Não existe reificação sem participação, pois, por um lado a participação é necessária para produzir, interpretar e usar a reificação e, por outro lado, não existe reificação sem participação, pois a participação requer interação, o que gera atalhos para significados organizados que refletem os empreendimentos e as perspetivas do mundo. A reificação sempre se apoia na participação, pois o que se diz, representa-se ou constitui o centro de atenção, supõe uma história de participação como

contexto para a sua interpretação. A participação sempre se organiza ao redor da reificação, pois sempre supõe artefactos, palavras e conceitos que lhe permitem avançar e são as suas diversas combinações que dão lugar a uma variedade de experiências significativas.

2.3.2 Participação e não-participação

Lave e Wenger (1991) defendem que a aprendizagem tomada como atividade situada tem como característica principal um processo denominado participação legítima periférica e dão destaque às comunidades de prática por serem os locais onde se aprende participando ou vice-versa. Para estes autores, a legitimidade da participação está em participar na prática.

A relação dos indivíduos com comunidades de prática supõem tanto participação como não-participação e é a combinação de ambas que faz com que uma experiência seja importante.

Wenger (1998) distingue dois tipos de interação entre a participação e não-participação:

- o caso da periferia, onde domina a participação e a não-participação é um fator que possibilita a participação, e
- o caso da marginalidade, onde domina a não-participação e limita a forma de participação.

A diferença entre as duas depende das trajetórias, as quais definem a importância das formas de participação, por exemplo, quando um recém-chegado ingressa numa comunidade, a não-participação é uma forma de aprender para chegar a uma participação plena. Ao contrário, um veterano pode ser mantido numa posição marginal, mesmo totalmente integrado, simplesmente pelo facto das formas de não-participação estarem muito arraigadas na prática de determinadas comunidades que o levam para identidades de não-participação.

Portanto, o facto de a não-participação tornar-se periférica ou marginal depende das relações de participação que fazem com que a não-participação seja colaborante ou problemática. Então, na realidade, pode-se dizer que a participação pode ser classificada em participação plena, não participação plena, periferia e marginalidade.

Essas combinações entre participação e não-participação revelam o poder dos indivíduos e das comunidades, pois definem as relações e influências que venham a ter com o resto do mundo.

2.4 Comunidades de prática

As comunidades estão em toda parte e todos os indivíduos integram diferentes comunidades. Quer seja na família, no trabalho ou na escola, participam constantemente em diferentes comunidades que vão mudando ao longo da vida e que estão todas interconectadas. Embora cada uma tenha as suas histórias, rotinas, artefactos e práticas próprias, estão tão integradas na vida diária e são tão informais que, raramente, têm um foco de interesse explícito. Em algumas delas, o indivíduo poderá ser um membro mais efetivo ou mais periférico, conforme o seu grau de participação e atuação. Porém, nem todas as comunidades são comunidades de prática.

Para Wenger *et al.* (2002), uma comunidade de prática apresenta três elementos fundamentais que as distinguem de outras comunidades:

- um domínio de conhecimento que define um conjunto de questões;
- uma comunidade de pessoas que se preocupam com esse domínio;
- uma prática partilhada que os membros dessa comunidade desenvolvem para serem efetivos nesse domínio.

2.4.1 Elementos fundamentais de uma comunidade de prática

2.4.1.1 Domínio

O domínio une as pessoas e inspira os membros da comunidade a contribuir e nela participar, guia a aprendizagem e dá significado às ações. Em outras palavras, a identidade de uma comunidade é definida e legitimada pelo seu domínio, o qual explicita o propósito e o valor da mesma aos seus membros e a outros possíveis interessados. A partilha de informações, a apresentação de ideias e as atividades desenvolvidas no âmbito da comunidade são feitas tendo em conta o conhecimento que os membros da comunidade têm das fronteiras para ela estabelecidas. O desenvolvimento de uma comunidade é determinado pela negociação constantemente feita sobre que tópicos e assuntos são importantes e devem ser nela abordados e discutidos, o que permite que os seus membros possam desenvolver uma compreensão comum e partilhada do seu domínio, nele envolvendo-se e sendo estimulados a descobrirem e a assumirem o seu papel na comunidade, legitimando com isto a sua participação.

2.4.1.2 Comunidade

Na comunidade é que são criados os relacionamentos e as bases de confiança e respeito mútuo entre os indivíduos, o que permite que a aprendizagem possa efetivamente acontecer. A aprendizagem é uma questão de pertença, sendo necessário existir um envolvimento emocional, além do intelectual, ou seja, é necessário sentir que se faz parte de algo para, no seu âmbito, estar à vontade para expor o desconhecimento sobre algum assunto, para partilhar ideias, escutar e questionar sem receio.

Uma comunidade tem de ser bem organizada, devendo o foco e os papéis de cada um estar bem definidos, uma vez que a comunidade é dinâmica e, como tal, seus membros vão e vêm, trazendo novos interesses e exigências, sendo assim necessário gerir conflitos e estabelecer as atividades prioritárias. Um bom moderador ou coordenador deve promover o equilíbrio entre os vários interesses e necessidades existentes na comunidade, fomentando diferentes níveis de participação, estabelecendo um ritmo para as interações e promovendo ações e eventos voltados para os interesses da comunidade.

Uma comunidade surge em torno de um tema de interesse comum e vai evoluindo à medida que a atividade se desenvolve. Os indivíduos que dela fazem parte resolvem problemas, trocam informações, planificam atividades, criam instrumentos e desenvolvem um repertório comum, que passa a fazer parte dos conhecimentos partilhados pela comunidade.

2.4.1.3 Prática

A palavra prática está relacionada com o facto de ‘realizar algo’ (Wenger, 1998), porém não algo isolado, mas sim inserido num contexto histórico e social que concede uma estrutura e um significado adequado ao que se faz.

Enquanto o domínio define o tema central da comunidade, a prática refere-se ao conhecimento específico que a comunidade desenvolve, partilha e mantém. Depois de algum tempo espera-se que os membros de uma comunidade dominem os conhecimentos básicos a ela relativos, sendo o conjunto de conhecimentos e recursos partilhados o que possibilita que a comunidade possa atuar de forma eficiente no seu domínio.

Quando os três elementos que estruturam a comunidade funcionam adequadamente em conjunto, tem-se uma estrutura de conhecimento ideal, isto é, uma estrutura social que pode assumir a responsabilidade pelo desenvolvimento e partilha de conhecimentos (Wenger *et al.*, 2002).

2.4.2 Dimensões de uma comunidade de prática

Wenger (1998) aponta três características da prática, que estão inter-relacionadas e são importantes para o estabelecimento da coerência numa comunidade de prática: um engajamento mútuo, um empreendimento conjunto e um repertório partilhado.

2.4.2.1 Engajamento mútuo

É a primeira das características apontadas por Wenger (1998) como fonte de coerência numa comunidade de prática. O facto de pertencer a uma organização, ter uma categoria social ou manter relações pessoais com outras pessoas não define uma comunidade de prática, embora sejam maneiras de desenvolver interações sociais que são importantes, pois ajudam os participantes a se reconhecerem como engajados em algo comum. Porém, o que define uma comunidade de prática é o facto de estarem todos envolvidos nas mesmas ações, sendo a pertença à mesma decorrente do engajamento existente. O tipo de coerência que transforma o engajamento mútuo numa comunidade de prática exige muito trabalho e, por vezes, é muito difícil identificar o que falta à comunidade para que exista tal coerência.

As relações de engajamento mútuo tanto podem produzir homogeneização, pelo facto das pessoas trabalharem em conjunto, como também criar oportunidades para as diferenças que possam surgir. A homogeneidade não é um requisito nem o resultado de uma comunidade de prática, uma vez que cada participante tem uma história, saber ou competência distinta que, ao se complementarem, reforçam a coerência da comunidade. Além disso, podem ter visões diferentes do que pretendem alcançar ao pertencerem àquela comunidade. Cada participante de uma comunidade de prática adquire uma identidade própria que vai se definindo cada vez mais através do engajamento na prática. Essas identidades se entrelaçam e se articulam, mas não se fundem.

2.4.2.2 Empreendimento conjunto

É a segunda característica da prática como fonte de coerência numa comunidade. A prática numa comunidade não é planeada, ela é definida pelos seus membros enquanto estão a empreendê-la. Um empreendimento é conjunto quando existe um processo de negociação constante que cria entre seus membros relações de responsabilidade mútua.

O termo negociação é usado por Wenger em relação aos significados que, numa comunidade onde existe uma diversidade cultural e interesses diversos, é necessário ser constantemente negociado. Alguns aspetos dessa negociação conduzem à reificação de determinadas noções fundamentais tais como regras e procedimentos importantes para a consecução do empreendimento. A interpretação que cada participante faz dos aspetos reificados bem como a maneira que a utiliza pode ser um indicador da maneira como este participante se reconhece enquanto membro da comunidade. (Santos, 2004).

2.4.2.3 Repertório partilhado

É a terceira característica da prática e representa a essência da comunidade, pois é o produto daquilo que viveram, que discutiram, que sonharam, que construíram. É o repertório que torna uma comunidade única, pois compreende os recursos produzidos por esta comunidade em particular para comunicar, pensar e agir. Estes recursos tanto podem ser simples palavras, com significados próprios àquela comunidade, como ações ou conceitos negociados pelos mesmos. Este conjunto de recursos é criado ao longo do tempo e feito pelos próprios participantes e por isso contribui para o engajamento dos mesmos no empreendimento que estão a construir.

O repertório combina aspetos reificativos e participativos, incluindo o discurso que leva a criação de afirmações significativas e os estilos que expressam sua forma de pertença e sua identidade enquanto membros da comunidade e é partilhado, pois foi construído ou negociado com a contribuição de todos os participantes.

2.4.3 Negociação de significado

Ao longo da vida, o indivíduo participa em inúmeras atividades, pois pretende alcançar ou concretizar algo que só mostra o seu valor quando passa a ter um significado para o próprio indivíduo ou para os outros. A este percurso Wenger (1998) chamou negociação de significados. A participação e a reificação são dois processos importantes para a negociação de significados.

O significado é o resultado da negociação que acontece pelo simples facto de viver e participar no mundo, podendo-se dizer que o significado tem um carácter histórico, uma vez que faz parte da vivência diária de cada indivíduo, que é dinâmico, pois é constantemente renegociado — assume novos significados

perante novas situações —, que é contextual, pois pertence ao contexto em que está inserido, e que é único, pois pertence àqueles que o negociam.

Para negociar significados é preciso participar no mundo e participar é um processo complexo que envolve muito mais do que falar ou fazer. É um processo completo que envolve o corpo, a mente, as emoções e as relações sociais de cada indivíduo, existindo um reconhecimento mútuo onde o indivíduo reconhece no outro algo de si próprio. A participação é um dos componentes do significado, mas é mais ampla que o simples engajamento na prática. Uma característica que define a participação é a possibilidade de desenvolver uma identidade de participação, ou seja, uma identidade constituída mediante relações de participação. A reificação é outro componente do significado. Na reificação, o indivíduo projeta-se no mundo atribuindo ao significado uma existência independente. Para Wenger (1998), a reificação é um processo fundamental para toda a prática, pois dá forma às experiências vividas, produzindo objetos que transformam essa experiência numa coisa de onde se pode criar pontos de referência para negociar significados. A reificação tanto pode referir-se ao processo como ao produto, produto este não necessariamente sob a forma de um objeto material — pode ser um olhar significativo ou mesmo um longo silêncio, pode ser uma fórmula abstrata ou reflexões das práticas que o indivíduo participa.

Toda a comunidade produz artefactos — abstrações, relatos, símbolos, termos e conceitos — que reificam algo de sua prática numa forma concreta. Contudo, estes artefactos não traduzem na sua forma o contexto das práticas que contribuíram para uma experiência de significado. Por exemplo, um robot construído e programado para realizar determinada ação, não reifica para quem não participou nessa prática, na sua forma ou ação, toda a expectativa, o engajamento, a maneira como foi construído e programado. Assim, a reificação abrange bem mais do que um elemento concreto, é um processo muito mais amplo que inclui, como no exemplo citado, perceber e interpretar problemas, codificar programas, testar, enfim, reificar é bem mais do que um objeto concreto, tanto pode ser o produto como o processo. Ambos implicam-se mutuamente.

A reificação molda a experiência individual e pode ser feita de maneiras muito concretas, por exemplo, ter um robot para realizar atividades de programação modifica a natureza da atividade de programar, pois a ação do robot reifica o que se pretende com a programação. O programa informático deixa de ser abstrato quando o robot realiza a ação para o qual foi programado. De acordo com Wenger (1998), um bom instrumento pode reificar uma atividade amplificando seus efeitos e fazendo que a atividade seja mais acessível para quem nela está envolvido.

Quando se está comprometido numa prática pode-se realizar determinadas ações rotineiras, mas é o reproduzir dessas ações que dão origem a uma experiência de significado. Embora o simples facto de atuar no mundo faça com que se esteja constantemente negociando significados, quando se participa em atividades que se tem interesse e que representam um desafio, a intensidade do processo de negociação é mais evidente. Não se pode entender a negociação simplesmente como um diálogo ou mesmo a interação direta entre duas ou mais pessoas, é algo muito mais dinâmico, constituído por múltiplos elementos que, por sua vez, influenciam estes mesmos elementos. Como resultado, esta negociação muda constantemente as situações as quais confere significado e influencia a todos os participantes.

A participação e a reificação estão em interação e constituem uma unidade. A participação é essencial para produzir, interpretar e empregar a reificação, portanto, não existe reificação sem participação. Mas participar requer interagir, que, por sua vez, produz significados que refletem os projetos e perspectivas que se tem do mundo e, assim, também não existe participação sem reificação. A participação é algo que se faz enquanto pessoa e a reificação tem a ver com coisas, mas, do ponto de vista da negociação de significado, as pessoas e as coisas não se podem definir independentemente umas das outras.

2.4.4 Modos de pertença

Todos os indivíduos pertencem a diversas representações sociais tais como a família, a escola, os amigos, o trabalho, etc., e utilizam um conjunto de estruturas para poder pertencer às mesmas. Wenger (1998) agrupa este conjunto de estruturas em três modos de pertença:

- engajamento;
- imaginação;
- alinhamento.

Além de serem importantes, por permitirem compreender os processos de formação da identidade e da aprendizagem, também são uma referência para compreender a variedade de tipos de comunidade e analisar as transformações das mesmas ao longo do tempo e o tipo de trabalho de pertença que exige esta transformação. É importante ressaltar que os três modos de pertença são distintos e qualquer um deles pode ser tomado isoladamente.

2.4.4.1 Engajamento

O trabalho de engajamento é o responsável por criar comunidades e requer a capacidade de participar em atividades e interações significativas, na produção de artefactos para partilhar, em conversações construtoras de comunidades e na negociação de novas situações.

O engajamento, como modo de pertença, é limitado tanto por limites físicos de tempo e espaço, que impedem o indivíduo de estar ao mesmo tempo em locais distintos, como também limites fisiológicos que tornam finitas as atividades em que pode estar envolvido. O engajamento necessita ter acesso a aspetos de participação na prática que foi estabelecida conjuntamente, e também ter acesso aos outros participantes e de interagir conjuntamente durante o processo do seu próprio engajamento além de contribuir para a realização do empreendimento.

Em relação à reificação, o engajamento exige pleno acesso aos recursos partilhados. Segundo Wenger, a falta de acesso à participação ou à reificação produz como resultado a incapacidade de aprender.

2.4.4.2 Imaginação

O mesmo já não acontece com a imaginação, que só depende da capacidade de cada indivíduo de criar novas imagens do mundo e de si mesmo através de analogias e extrapolá-las a partir da sua própria experiência. Embora a imaginação inclua fantasias pessoais, não significa que seja um processo individual, uma vez que é um processo criativo que está apoiado em interações sociais e experiências comuns. É um modo de pertença onde o mundo social intervém para ampliar o alcance da realidade e da identidade (Wenger, 1998).

É através da imaginação que os indivíduos se situam no mundo e na história e reconhecem que as suas próprias práticas são histórias que remontam a um passado. É mediante a imaginação que concebem novos desafios, exploram outras alternativas e preveem possíveis futuros, acabando por inserir em suas identidades outros significados, outras possibilidades, outras perspetivas. Permite ao indivíduo criar relações ilimitadas de identidade em qualquer lugar ao longo de toda a sua história.

Porém, nem sempre a imaginação é eficaz. Pode ser incoerente ou inútil, pois pode estar baseada em estereótipos que projetam no mundo determinadas práticas específicas tomadas como verdadeiras. Ou, ao contrário, pode estar tão distante de qualquer forma vivida de pertença que o indivíduo desliga a sua identidade e fica sem raízes.

A imaginação permite ligar a participação com a não-participação, o que está dentro com o que está fora, o real com o que é possível vir a ser. É através dela que os indivíduos antecipam a sua capacidade como competentes ou incompetentes, em determinadas práticas que não lhe são familiares, levando a uma participação ou não-participação, fazendo com que sejam incluídos ou excluídos das mesmas.

Pessoas que não se conhecem, mas escutam o mesmo tipo de música, ou pessoas que praticam o mesmo desporto ou mesmo os imigrantes de uma região, que tem muitas características e experiências em comum, podem partilhar algo que acaba por criar uma espécie de comunidade. A imaginação é responsável por este tipo de comunidade e pertencer as mesmas contribui para a identidade das pessoas implicadas, ainda que isso não suponha o desenvolvimento conjunto de uma prática partilhada.

A imaginação requer a capacidade de explorar, de aventurar-se, de criar analogias improváveis e de distanciar-se o suficiente de modo a conseguir observar o engajamento como se fora outra pessoa. A imaginação desloca a participação e a reificação para que o sujeito possa se reinventar e reinventar seus empreendimentos, suas práticas e suas comunidades, ou seja, esta mistura de participação e reificação cria novas situações de aprendizagem. A reificação fornece instrumentos para a imaginação através de mapas, visualizações, relatos, simulações, etc., que não se poderiam perceber mediante o engajamento local.

Em relação a participação, a imaginação é a responsável pela liberdade, energia e tempo para se expor ao exótico, permitindo ao indivíduo mover-se, explorar novas relações e provar novas identidades. É também responsável por aceitar a não-participação como uma aventura e de postergar juízos. A participação em outros empreendimentos, outras práticas e outras comunidades também pode servir à imaginação uma vez que possibilita vivenciar outras maneiras de fazer as coisas. Será que no mundo virtual não se estará mais sujeito a maneiras diversas de fazer as coisas já que se contacta com outras culturas?

2.4.4.3 Alinhamento

O alinhamento é outro modo de pertença que, tal como a imaginação, não implica engajamento com outros na construção conjunta de algo. Wenger (1998) considera que é através do alinhamento que o indivíduo se torna parte de algo maior, contribuindo para um alcance mais amplo da ação. Mais ainda, que o alinhamento pode ampliar o poder e o sentido do que é possível realizar, principalmente quando são unidos esforços para a realização de algo maior.

No entanto, nem sempre o alinhamento amplia poderes, por vezes pode ser cego e debilitante. Como exemplifica Santos (2004), quando o indivíduo “tem um desejo forte de pertença e o espaço social em que se quer enquadrar nada mais oferece a não ser sinais de alinhamento que exige que sejam seguidos, o poder fica reduzido”. Ou ainda quando existe confrontação de interesses onde algumas pessoas ficam com todo o poder e outras sem poder algum. Também pode ser tão cego que torna os indivíduos vulneráveis a todo tipo de enganos e abusos, violando e esmagando a identidade de cada um.

O alinhamento, como a imaginação, também cria um tipo de comunidade. Segundo Wenger (1998), a lealdade a um credo, a um movimento, a uma nação, a uma estrela de cinema, a uma equipa de futebol pode congrega as energias de pessoas muito diferentes e o engajamento que as une pode ser difícil de imaginar, sendo o importante apenas o alinhamento. Este autor cita o exemplo de um movimento ecológico constituído por uma variedade de motivações, crenças e paixões que podem ter origens muito diferentes para os distintos participantes, mas que através do alinhamento, com a ideia de proteger o ambiente, cria uma imensa comunidade unida ao redor do objetivo comum.

O trabalho do alinhamento é conectar esforços locais, ou seja, conectar ações individuais que se vão interligar e coordenar com as ações de outros, numa dimensão mais ampla de maneira a permitir aos novatos investir a sua energia neles. Para apoiar a coordenação com as ações de outros o alinhamento necessita de formas específicas de participação e de reificação. Necessita, a nível de participação, de pessoas que pertençam a diversas comunidades que possam ultrapassar as fronteiras e realizar funções de tradução. A participação deve ser suficiente, de maneira que as relações com empreendimentos mais amplos se concretizem, do contrário podem tender a basear-se mais na conformidade, naquilo que já está disposto, do que na participação.

Do ponto de vista da reificação, o alinhamento requer artefactos que possam ser partilhados, ou seja, objetos fronteirios em torno dos quais se possam coordenar atividades. Além disso, também pode precisar criar e adotar discursos mais amplos de modo a ajudar a reificar o empreendimento e permitir interpretar as ações locais para que se adaptem a um conjunto de convenções mais abrangentes. Se a reificação for insuficiente, a coordenação no tempo e no espaço das ações pode depender demasiado da parcialidade de determinados participantes ou ser demasiado vaga, enganosa ou polémica para criar alinhamento.

Uma comunidade pode estar constituída pelos três modos, em diversas proporções, e é a variedade destas combinações que produzirá comunidades com

qualidades distintas. Um modo de pertença pode passar a ser mais predominante que outro, mudando o carácter da comunidade.

Viver e atuar no mundo, em grande parte, é uma combinação de alinhamento, engajamento e imaginação e o facto de uma dimensão estar mais ou menos em destaque é o que define a qualidade das ações que se pratica e os seus significados. Cada uma delas requer diferentes condições e tipos de trabalho e conhecê-las pode fazer a diferença entre alcançar ou não os objetivos a que se propõem.

2.4.5 Identidades e trajetórias

A prática define o ser humano, portanto, a formação de uma comunidade de prática também pode ser vista como uma negociação de identidades. A interação entre as pessoas determina o papel de cada um nas relações de engajamento na comunidade, o que se traduz numa forma de individualidade, ou seja, de identidade em relação a comunidade. Mesmo um recém-chegado à comunidade, que não compreende o empreendimento e nem como deve ser o comprometimento com os demais também molda a sua identidade, pois o modo de enfrentar as situações define a identidade e, da mesma forma, a identidade de cada indivíduo também é determinante na maneira como enfrenta as diferentes situações que se apresentam.

Pertencer a diferentes comunidades e dedicar-se aos diversos modos de pertencer a cada uma delas e negociar significados importantes em cada contexto, também molda a identidade de cada indivíduo. A formação de identidades é um processo duplo composto pela identificação e pela negociabilidade. A identificação envolve as experiências e a relação entre os participantes e os elementos que constituem a sua existência social, que incluem outros participantes, configurações sociais, categorias, ações, artefactos, etc. A identificação depende do tipo de imagem que o indivíduo faz do mundo e de si mesmo e das conexões que pode prever na história e no panorama social. Mediante estas conexões, a identificação se estende no tempo e no espaço e as identidades adquirem novas dimensões. No engajamento numa prática existe uma dupla identificação, o engajamento com o que se faz e o engajamento com as relações que se mantém com outras pessoas. A identificação depende do tipo de imagem que se constrói do mundo e de si mesmo, portanto a imaginação também é uma fonte importante de identificação.

A negociabilidade, que representa a outra metade deste processo de formação de identidades, é responsável pelo controle que os indivíduos exercem sobre os significados com os quais estejam comprometidos.

Wenger (1998) relaciona negociabilidade com economias de significado e propriedades do significado. Por economias de significado refere-se aos significados que tem uma abrangência mais ampla e que podem alcançar um estatuto especial dependendo de qual configuração social esteja inserido, portanto, nem todos os significados tem o mesmo valor. Pertencer a uma economia de significado pode supor engajamento, imaginação e alinhamento.

Produzir propostas de significado tanto quanto adotá-las é trabalho do *engajamento mútuo*. Quando se busca um empreendimento conjunto, os dois processos de produção e adoção devem caminhar juntos. Os novos significados contribuem para o empreendimento na medida em que são adotados pela comunidade. Os dois processos, normalmente são difíceis de distinguir, pois estão entrelaçados de uma maneira muito estreita e dinâmica.

No caso em que a produção e a adoção estão constantemente separadas, a distinção entre elas se converte em uma questão de marginalidade e, portanto, pode produzir não-participação. Os membros cujas contribuições nunca se adotem desenvolvem uma identidade de não-participação que os marginaliza progressivamente. Sua experiência é irrelevante, pois não se pode afirmar e reconhecer como uma forma de competência. A aprendizagem requer uma interação entre experiência e competência, ou seja, a aprendizagem depende da capacidade de cada indivíduo contribuir para a produção coletiva de significado, pois é mediante este processo que a experiência e a competência se impulsionam mutuamente. Quando, numa comunidade de prática, alguns produzem e outros sempre adotam, a economia local de significado produz uma propriedade deste muito desigual. Esta situação, quando persiste, dá como resultado uma condição mutuamente reforçadora de marginalidade e incapacidade para aprender.

A *imaginação* também pode ser uma maneira de apropriar-se de significados. Apropriar-se de relatos para aceder a eventos ou a personagens joga com a imaginação do indivíduo que transporta as suas experiências às situações que narra e com isso intervém na produção dos significados desses eventos como se fosse participante. O problema é que pode acabar por se integrar nas identidades e ser recordado como experiência pessoal em lugar de uma mera reificação. Esta capacidade de possibilitar a negociabilidade mediante a imaginação faz com que as narrações, as parábolas e as fábulas sejam poderosos dispositivos de comunicação.

Quando o indivíduo não consegue se apropriar de significados por não ter acesso suficiente a uma prática, segue interpretando a sua exclusão como não-participação mediante um processo de imaginação. O alinhamento é o modo de pertença que dá lugar com mais precisão a economias de significado, pois

necessita da coordenação das ações e, conseqüentemente do encontro de diversas perspectivas e significados. Diferentes processos de alinhamento entre as partes implicadas dão lugar a relações de negociabilidade muito diferentes. Pode-se alcançar o alinhamento mediante a propriedade partilhada de significado, através de processos como negociar, persuadir, inspirar, confiar e delegar. Mas também se pode gerar alinhamento, sem ter em conta a negociabilidade, através da conformidade literal, dos procedimentos, da violência e da submissão. Um exemplo de reificação, projetado para gerar alinhamento sem negociabilidade, é o de um programa informático que está projetado para ser interpretado por uma máquina que só pode executar um conjunto limitado e bem definido de operações. Um computador pode desempenhar funções muito úteis sem ter acesso aos significados mais amplos de suas proezas digitais nem ser responsável por elas. Wenger (1998).

A identidade é um lugar de individualidade social e, ao mesmo tempo, um lugar de poder social. Por um lado, o poder de pertencer, de ser uma determinada pessoa, de exigir uma posição com a legitimidade da pertença e, por outro lado, a vulnerabilidade de pertencer, de identificar-se e de integrar-se nalgumas comunidades que contribuem para definir quem o indivíduo é e, por isso mesmo, exercem um determinado controle sobre o mesmo. Enraizado nas identidades, o poder deriva-se da pertença e de exercer controlo sobre aquilo a que o indivíduo pertence. O poder tem uma estrutura dupla que reflete a interação entre a identificação e a negociabilidade. A identificação fornece ao indivíduo material para definir a identidade e a negociabilidade permite pegar neste material e afirmar as identidades como produtoras de significado. O entrelaçamento destes dois fios cria o tecido social das mesmas.

Quando a interação entre a identificação e a negociabilidade transcende as relações de engajamento, imaginação e alinhamento, cada um destes modos dá lugar a comunidades e economias de significado entrelaçadas em diversos níveis de agregação mediante diversos modos de pertença.

As comunidades e as economias de significado destacam diferentes aspetos das configurações sociais. As comunidades destacam a capacidade das configurações sociais para construir as identidades por meio de relações de pertença ou não pertença. As economias de significado destacam a produção e adoção social de significado, que pode possibilitar uma negociabilidade desigual e uma disputa sobre a propriedade entre os participantes.

A identidade não é algo estanque que nasce e morre com o indivíduo, pelo contrário, é constantemente modificada conforme as diferentes comunidades a que

o indivíduo venha a pertencer no decorrer da vida, sendo o resultado do caminho descrito por viver no mundo e nele participar.

As identidades formam trajetórias dentro das comunidades de prática, como também entre elas, à medida que o indivíduo passa por uma série de formas de participação. Wenger (1998) utiliza o conceito de trajetória para argumentar que a identidade é essencialmente temporal, pois é moldada ao longo do tempo pela pertença a diversas comunidades e, portanto, o trabalho da identidade é contínuo. Também afirma que como a identidade se constrói em contextos sociais, a sua temporalidade é mais complexa do que uma noção linear do tempo, pois não é pré-definida como um simples caminho, mas sim vivida, construída, para então tomar forma, ou seja, é a ligação com o passado com o presente e também com o futuro. Argumenta ainda que as identidades se definem pela interação de múltiplas trajetórias convergentes e divergentes tanto próprias como de outros indivíduos e também pelas trajetórias das práticas em que foram participantes. Por fim, distingue alguns tipos de trajetórias:

- trajetórias periféricas, que são aquelas que nunca levam a uma participação plena, mas proporcionam acesso a comunidade e à sua prática o suficiente para contribuir para a identidade de cada indivíduo;
- trajetórias para o interior (*inbound*), aquelas que os recém-chegados percorrem quando pretendem ser participantes plenos;
- trajetórias de dentro (*insider*), situação em que a identidade não termina com a plena pertença, mas continua com novas exigências, novas invenções e novas gerações de membros que criam condições para renegociar a própria identidade;
- trajetórias fronteiras (*boundary*), que são aquelas que transpõem os limites das comunidades e vinculam as mesmas umas as outras;
- trajetórias em direção ao exterior (*outbound*), que conduzem ao exterior da comunidade;
- trajetórias paradigmáticas, que são aquelas formadas pelos próprios membros mediante a sua própria participação e que passam a ser uma referência para os recém-chegados, que buscam nestes um modelo de querer tornar-se; estas trajetórias acabam por ser um recurso para a aprendizagem dos recém-chegados, que podem ou não se alinhar com elas, uma vez que também eles fazem o seu próprio percurso.

A formação da identidade não está associada somente ao processo de aprendizagem resultante do acesso a uma comunidade de prática. O sair da comunidade também supõe desenvolver novas relações além de possibilitar ver o mundo e a si mesmo de novas maneiras.

Os indivíduos orientam suas identidades de três modos distintos em função da imagem que tem de si próprio em cada contexto que atuam, se como indivíduo, como ser interpessoal ou como membro de um grupo (Brickson, 2000). Neste sentido, definir-se prioritariamente como indivíduo pressupõe orientar-se para a identidade pessoal e ser motivado pelo auto-interesse, concebendo-se em função de suas características e essências individuais e apreciando-se por meio de como vê os outros e a si mesmo.

Ao definir-se prioritariamente como ser interpessoal o indivíduo ativa a orientação para uma identidade relacional, sendo a principal motivação a procura do benefício do outro. A sua própria concepção fundamenta-se predominantemente na relação de significado com os outros.

Por fim, se definir-se prioritariamente como membro de um grupo, o indivíduo ativa uma identidade de orientação coletiva e sente-se motivado com o bem-estar do grupo.

Todas estas orientações estão influenciadas pelo contexto, pela forma como os membros estão engajados dentro e fora dos grupos, pelas tarefas que realizam, pelo próprio desempenho e lideranças.

2.5 Comunidades virtuais de prática

Com o surgimento da Internet os indivíduos passaram a vivenciar uma nova maneira de inclusão social, política, económica e principalmente cultural, pois o espaço, o tempo, as fronteiras e as relações sociais tomaram um novo significado. Com o desenvolvimento das tecnologias informáticas e telecomunicações, passaram a estar mais envolvidos em redes de relações que levaram ao surgimento de comunidades (Ponte & Oliveira, 2001).

As comunidades têm-se desmembrado em vários tipos e com atributos variados. Jones (1998) observa que a criação de um mundo social virtual é dependente do grau em que as pessoas usam a Internet para inventar personagens novos, criar ou recriar suas próprias identidades, ou uma combinação dos mesmos. A descrição da identidade virtual feita por Jones (1998) refere-se ao que hoje é chamado de presença social, isto é, à pessoa que nos tornamos quando estamos *online* e como expressamos essa pessoa no espaço virtual.

Pratt (1996, referido em Palloff & Pratt, 2007), em seu estudo sobre a personalidade eletrónica, refere que os indivíduos podem alterar a personalidade ao interagir com a tecnologia. Os introvertidos, que tendem a ter mais dificuldade de contato pessoal, podem se tornar mais extrovertidos e estabelecer presença

mais facilmente, enquanto os extrovertidos, que facilmente estabelecem presença em pessoa, podem ter mais dificuldade em conectarem-se com outras pessoas *online*. Para que essa personalidade eletrônica possa existir, alguns elementos devem estar presentes, nomeadamente, a capacidade de continuar um diálogo interno a fim de formular respostas, a criação de uma aparência de privacidade tanto em termos de espaço do qual a pessoa comunica como da capacidade de criar um sentido interno de privacidade, a capacidade de lidar com questões emocionais em forma textual, a capacidade de criar uma imagem mental do parceiro no processo de comunicação e a capacidade de criar uma sensação de presença *online* através da personalização das comunicações (Pratt, 1996, referido em Palloff & Pratt 2007).

De acordo com Preece e Maloney-Krichmar (2003), não há consenso sobre uma definição para o termo comunidade virtual ou *online*. Segundo Rheingold (1993), as comunidades virtuais são agregações sociais que emergem da *Net* quando existe um número suficiente de pessoas, em discussões suficientemente longas, com suficiente sensibilidade para formar teias de relações pessoais em ambientes virtuais. Para Lévy (1999, p. 127), “uma comunidade virtual é construída sobre as afinidades de interesses, de conhecimentos, sobre projetos mútuos, num processo de cooperação ou de troca, tudo isso independentemente das proximidades geográficas e das filiações institucionais”.

Para definir comunidade virtual, é necessário primeiramente definir comunidade e, atentando-se ao termo, este tem conotações descritivas, normativas e ideológicas, que envolvem tanto dimensões materiais como simbólicas (Fernback, 1997). Assim como a palavra família, comunidade é uma palavra que é agora amplamente utilizada. Shaffer e Anundsen (1993) identificam uma comunidade como um todo dinâmico que se estabelece quando um grupo de pessoas partilha práticas comuns, são interdependentes, tomam decisões em conjunto, identificam-se com algo maior do que a soma de suas relações individuais e estabelecem um compromisso de longo prazo com o bem-estar, tanto próprio, quanto o dos outros e o do grupo.

Segundo Schwier (2002), a palavra comunidade tem sido utilizada pelos educadores como uma metáfora para entender os ambientes de aprendizagem *online* e utilizada para descrever uma ampla gama de contextos, mas, embora sendo pragmático quanto à utilização de metáforas, acredita que a linguagem da comunidade oferece uma maneira de pensar sobre o engajamento que acontece quando grupos de aprendizes utilizam a tecnologia para envolverem-se uns com os outros.

Muitos dos conceitos originais de comunidades de prática foram transferidos para ambientes *online* em várias formas, incluindo *electronic communities of practice* (Wasko & Faraj, 2000), *virtual communities of practice* (Neus, 2001), adotado neste trabalho, e *e-learning communities of practice* (Kirkwood, 2006).

2.5.1 O papel das tecnologias nas comunidades virtuais de prática

Para Lai, Pratt, Anderson e Stigter (2006), uma comunidade virtual de prática requer mais do que simplesmente transferir uma comunidade de prática para um ambiente virtual, têm de ser criadas infraestruturas tecnológicas para apoiar o funcionamento das comunidades virtuais de prática para superar os obstáculos que não ocorrem nas comunidades de prática em geral. Estes obstáculos incluem o tempo para conhecer e comunicar, o tamanho, pois podem ocorrer muitas adesões e envolver diversas localidades, a filiação, pois os membros participam em diversas comunidades, e a cultura, uma vez que os membros têm diferentes culturas.

Segundo Wenger, White & Smith (2009), as comunidades desenvolvem-se, ao longo do tempo, sem um ponto final predefinido. Começam frequentemente por tentativas, com modestos recursos tecnológicos e somente uma percepção inicial do porquê de estarem juntos. Assim, estão continuamente a reinventar-se.

A tecnologia permite a grupos muito grandes trocar informações e ideias ao mesmo tempo que ajuda grupos mais pequenos com domínios mais restritos, mais especializados e diferenciados a formar e funcionar efetivamente. Ela permite às suas comunidades emergirem em público, abrindo fronteiras ilimitadamente, mas também torna fácil definir espaços privados que sejam abertos somente aos membros. A tecnologia estende e reestrutura a forma como as comunidades organizam e expressam fronteiras e relações, o que muda a dinâmica de participação, a perifericidade e legitimidade.

Esses autores utilizam a perspetiva das comunidades de prática para entender os ambientes digitais onde a comunidade e as tecnologias têm pontos comuns. Essa perspetiva aborda como as comunidades usam as tecnologias, como são influenciadas por ela, como a tecnologia apresenta novas oportunidades de aprendizagem para as comunidades e como as comunidades continuam a avaliar o valor das diferentes ferramentas e tecnologias ao longo do tempo e mesmo como as comunidades influenciam no uso das tecnologias.

2.5.2 Dimensões de uma comunidade virtual de prática

Segundo Wenger *et al.* (2009), uma grande e crescente gama de tecnologias, com diferentes potenciais, está disponível para habilitar uma comunidade e cada uma das suas três dimensões — domínio, comunidade e prática — colocam exigências sobre a tecnologia e, inversamente, a tecnologia abre novas facetas sobre cada dimensão.

Em relação ao domínio de uma comunidade é necessário responder a questões do tipo: Como a tecnologia permite às comunidades e aos seus membros explorar, definir e expressar a mesma identidade? Como permite que sejam vistos os temas a serem abordados para poder negociar uma agenda de aprendizagem que seja útil seguir? A tecnologia permite que as comunidades calculem e revelem como seu domínio está relacionado com outros domínios, indivíduos, grupos, organizações ou esforços?

A prática é outra dimensão que coloca questões, tais como: Como a tecnologia permite manter o engajamento mútuo em torno de uma prática? Pode ela providenciar novas visões na prática de outros? O que as atividades de aprendizagem poderão tornar possível? Pode a tecnologia acelerar o ciclo através do qual os membros exploram, testam e refinam boas práticas? Ao longo do tempo a tecnologia pode ajudar uma comunidade a criar um contexto partilhado para as pessoas efetuarem trocas contínuas, articular perspectivas, acumular conhecimento e fornecer acesso a histórias, ferramentas, soluções e conceitos?

Finalmente, a comunidade, como terceira dimensão também coloca exigências à tecnologia: Como pode a tecnologia sustentar uma ligação de forte união que transforme a comunidade num ambiente social onde possam aprender em conjunto? Poderá ajudar as pessoas a procurar umas as outras e diminuir o sentido de isolamento? A comunidade revela conexões interessantes e permite aos membros conhecerem-se de maneira relevante? Pode a comunidade incrementar interações simultâneas, diversidade e crescimento comum? Permitirá também que várias pessoas e grupos tomem a iniciativa, assumam a liderança, desenvolvam papéis e criem subgrupos, projetos e diálogos?

As comunidades de prática oferecem uma perspectiva útil sobre a tecnologia, pois elas não são definidas por lugar ou características pessoais, mas pelo potencial das pessoas aprenderem juntas. O entendimento do seu domínio expande-se, novos membros juntam-se e outros dela saem. Sua prática evolui. As tecnologias da comunidade precisam suportar essa evolução conjunta do domínio, comunidade e prática (Wenger *et al.*, 2009).

2.5.3 Gestão dos recursos tecnológicos

As tecnologias apresentam novas oportunidades e desafios para as comunidades. Como muitas comunidades escolhem ferramentas que as ajudam a estarem juntas, surge uma nova função para atender esta interação entre tecnologia e comunidade ao qual Wenger *et al.* (2009) chamaram de *technology stewarding* para sugerir aqueles indivíduos que assumem por um tempo a responsabilidade pelos recursos tecnológicos da comunidade. O *technology stewarding* ajuda a escolher, configurar e usar tecnologias para melhor satisfazer as necessidades da comunidade. É tanto uma perspectiva como uma prática. Pode ser considerado como um conjunto de atividades realizadas por indivíduos gestores da tecnologia e como um papel dentro da comunidade. Bons *tech stewards* fornecem o nível de conhecimento técnico necessário para uma determinada comunidade. O seu papel pode ser invisível até que as necessidades da comunidade chamem atenção para a tecnologia. Algumas comunidades nunca crescem além de suas necessidades iniciais, de modo que o *stewarding* em curso é limitado. Outros desenvolvem configurações complexas que necessitam de atenção constante e deliberada.

Olhando para o mercado das tecnologias atuais como um cenário de possibilidades para a construção de ambientes digitais para as comunidades, perguntar porque uma comunidade adota tecnologia proporciona dois tipos de compreensão. Ajuda a revelar quais os desafios inerentes enfrentados pelas comunidades, as quais podem usar tecnologias, e ajuda a articular como ferramentas específicas atuam como recursos para abordar esses desafios de novas formas.

A classificação das ferramentas tanto proporciona uma forma de pensar sobre como a tecnologia fornece funcionalidades para suportar as atividades como também afeta a dinâmica da comunidade.

2.5.4 Dinâmica das comunidades virtuais de prática

A melhor maneira de entender como a tecnologia contribui para a vida da comunidade é considerar fundamental os desafios que as comunidades enfrentam ao tentarem aprender conjuntamente. Wenger *et al.* (2009) introduzem três desafios necessários para a literacia dos responsáveis pela tecnologia na comunidade e também para dar sentido a grande gama de ferramentas que têm sido adotadas pelas comunidades.

Os principais desafios que levam as comunidades a adotar as tecnologias são apresentados como pares de conceitos denominados por Wenger *et al.* (2009) de polaridades:

- Ritmos: união e separação;
- Interações: participação e reificação;
- Identidades: individual e grupo.

O termo polaridades é utilizado primeiramente, pois a noção de polaridade sugere que cada polo depende do outro e, em segundo lugar, porque experienciar uma polaridade requer um processo constante de equilíbrio entre os dois pólos. Finalmente, o conceito de polaridade significa incluir uma gama de relacionamentos e interações entre os pólos — da complementaridade à incompatibilidade, da harmonia ao conflito, de reforço mútuo à tensão. Estas polaridades afetam umas às outras, mas cada uma captura uma dimensão distinta do desafio de aprender em conjunto.

Essas três polaridades capturam algo de fundamental sobre as comunidades — algo que tem a ver com a sua natureza física, social e política, e não com a tecnologia. O facto de serem tão fundamentais é também a razão pela qual essas polaridades têm-se revelado uma lente produtiva através do qual pode-se olhar a tecnologia sob a perspectiva dos desafios e aspirações da comunidade.

A razão pela qual as polaridades são úteis para classificar as ferramentas é porque refletem os desafios fundamentais da comunidade. Pela mesma razão, eles fornecem uma perspectiva útil para tratar de questões gerais do desenvolvimento da comunidade. Como é que uma comunidade equilibra essas polaridades que se desenvolvem ao longo do tempo? Quando é que um novo desenvolvimento, tecnológico ou de outra forma, cria um desequilíbrio que precisa ser tratado? Onde é que a sua comunidade aparece entre essas polaridades e onde você acha que deveria aparecer?

Essas polaridades são úteis para os administradores de tecnologia (e líderes da comunidade em geral), pois os pólos chamam a atenção para si. Quando um pólo domina ou quando a tecnologia favorece um pólo, é hora de considerar o outro. Por exemplo, quando se introduz uma ferramenta que se concentra na reificação, é útil saber quais capacidades participativas complementariam esse foco — por exemplo, com conversas de autores ou leitores de documentos. Inversamente, uma comunidade que se tem concentrado durante muito tempo em conversas pode estar pronta para ferramentas que tornam mais fácil de produzir e partilhar alguns documentos. Se uma comunidade tende para um espírito de equipa e está faltando uma diversidade de perspectivas, é hora de introduzir uma ferramenta que proporciona aos indivíduos mais de uma voz. Isso pode significar a

adição de *blogs*, além de fóruns de discussão. Uma comunidade que está se sentindo fragmentada e desconectada ao longo do tempo e do espaço pode beneficiar-se de um instrumento para promover um maior sentido de união, como um instrumento de reunião *web* ou um indicador de presença.

Numa perspectiva de cultivo da comunidade, pode-se descrever as polaridades como três controles deslizantes, como reóstatos ou variadores de intensidade da luz, que se pode usar para avaliar e gerir a tecnologia da comunidade. Pode-se deslizar os indicadores para uma ou outra extremidade das polaridades, dependendo do caminho evolutivo da comunidade. Algumas comunidades intencionalmente tendem para uma ou outra extremidade de cada uma dessas polaridades.

2.5.4.1 Ritmos de união e separação

O tempo e o espaço apresentam um desafio para as comunidades. A constituição de uma comunidade de prática requer a manutenção do engajamento mútuo ao longo do tempo. Isso exige mais do que uma conversa momentânea; não resulta meramente por ter o mesmo tema de trabalho em diferentes locais. Isso requer aprendizagem conjunta com suficiente continuidade e intensidade de engajamento, que a definição do domínio, o entrelaçar da comunidade e o desenvolvimento da prática tornam-se recursos partilhados. Hoje os membros de muitas comunidades de prática não vivem ou mesmo trabalham juntos. Assim, a separação no tempo e no espaço é um facto da vida que pode tornar a experiência de comunidade difícil. Ao mesmo tempo, ‘praticar’ em diferentes comunidades é muitas vezes a verdadeira razão para que os membros desejem interagir uns com os outros. A diversidade desses contextos é uma fonte de riqueza para a aprendizagem conjunta. Nesse sentido, a separação é um recurso para a união da comunidade. E inversamente, obviamente, a aprendizagem conjunta é um recurso para a prática em contextos separados.

A união e separação estão numa interação completa e sua alternância conduz à aprendizagem. Procurar um ritmo produtivo de união e separação no espaço e no tempo é um desafio fundamental para a comunidade.

Um atrativo da tecnologia é a sua variedade de soluções para lidar com o tempo e o espaço. A tecnologia muda, em alguns casos drasticamente, os ritmos de união e separação que são possíveis. Ela cria novos ‘tempos comunitários’ que não apresentam restrições de horários e fusos horários e, ‘espaços comunais’ que não dependem de localização física. As comunidades usam tecnologia para realizar uma reunião a distância, para conversar em diferentes fusos horários, para

disponibilizar a gravação de uma teleconferência, para incluir pessoas que não podem estar fisicamente presentes, para enviar ou receber ficheiros ou para manter-se atualizado sobre projetos interessantes. Nas conversações feitas com recurso à tecnologias que não se baseiam na presença face-a-face a união e separação são frequentemente expressas em termos de ferramentas síncronas ou assíncronas. É importante lembrar que o real desafio da comunidade é mais comumente o ritmo de união e separação. Esse desafio aplica-se ao uso tanto das ferramentas síncronas como também de sua alternância. Como as ferramentas síncronas contribuem para o ritmo da comunidade, tanto por permitirem que os membros estejam juntos no tempo e no espaço e por elas frequentemente deixarem traços na forma de registos ou transcrições? Numa conversação assíncrona, o quão frequentemente tem as pessoas de postarem alguma coisa para que o ritmo mantenha uma experiência de união? Em outras palavras, as capacidades síncronas e assíncronas das ferramentas são parte de uma história muito mais complexa do ritmo da comunidade.

2.5.4.2 Participação e reificação

A polaridade de participação e reificação é um processo de dar significado que é fundamental para a teoria da aprendizagem subjacente ao conceito de comunidades de prática. Por um lado, os membros engajam-se diretamente em atividades, conversações, reflexões e outras formas de participação pessoal na aprendizagem da comunidade. Por outro lado, os membros produzem artefactos físicos e conceituais — palavras, ferramentas, conceitos, métodos, histórias, documentos, apontadores para recursos e outras formas de reificação — que refletem sua experiência partilhada e em torno da qual organizam a sua participação.

Aprendizagem significativa numa comunidade requer que a participação e reificação estejam presentes e em interação. A partilha de artefactos sem engajamento nas discussões e atividades em torno deles prejudica a habilidade para negociar o significado do que está sendo partilhado. A interação sem produção de artefactos torna a aprendizagem dependente da interpretação e da memória individual e pode limitar sua profundidade, extensão e impacto.

Tanto a participação como a reificação são necessárias, podendo um processo dominar o outro ou os dois não estarem bem integrados. O desafio desta polaridade é o das comunidades alternarem entre as duas com sucesso.

A tecnologia contribui tanto para a participação quanto para a reificação. Ela promove novos caminhos para a participação nas interações da comunidade,

novas formas para conectar e estar junto com outras pessoas. Ela também promove novas maneiras para reificar o que importa sobre estar junto — produzir, armazenar, partilhar e organizar documentos, ficheiros de média, apontadores e outros artefactos, quer sejam eles criados coletivamente ou individualmente. A tecnologia igualmente pressiona as fronteiras da participação e da reificação ao tornar mais fácil para a comunidade abrir-se para um mundo mais vasto — por exemplo, decidir entre publicar os artefactos e aceitar comentários publicamente ou manter seu trabalho dentro das suas fronteiras. Mais importante, a tecnologia proporciona novas maneiras de combinar participação e reificação. Por exemplo, a complementação de uma conversa telefónica com aplicativo de quadro branco partilhado suporta novas formas de coautoria que eventualmente mistura conversa com palavras escritas, imagens e sons. Similarmente a habilidade de adicionar comentários a um documento acrescenta uma dimensão conversacional ao armazenamento dos artefactos. A tecnologia pode mesmo mudar a forma como sentir o estar junto face-a-face, por exemplo, permitindo que um grupo faça anotações em conjunto ou que editem um conjunto de diapositivos durante uma discussão.

2.5.4.3 Identidade individual e de grupo

A aprendizagem conjunta é uma realização complexa que envolve engajamento, aspirações e identidades comunitárias e individuais. Embora a união seja uma propriedade das comunidades ela é experienciada pelos membros de forma individual, de maneira própria.

Um ponto crucial, sobre a aprendizagem dentro de comunidades de prática virtuais é que o estar junto não implica, requer ou produz homogeneidade. A aprendizagem conjunta frequentemente leva a discordâncias e a descoberta de que as pessoas vêem o mundo (incluindo a tecnologia) de forma muito diferente. Discordâncias e pontos de vista diferentes são ambos um desafio e um recurso para a comunidade. A polaridade individual/grupo é uma dança subtil e paradoxal se a aprendizagem tem de ser mantida produtivamente.

Algumas tendências sociais também contribuem para esta polaridade. Cada vez mais os indivíduos não são membros somente de uma comunidade; eles pertencem a um número substancial de comunidades, equipas e redes, sendo ativos em algumas e menos ativos em outras. As comunidades não podem esperar ter toda a atenção de seus membros, não podem assumir que todos os seus membros tenham o mesmo nível de comprometimento e atividade, as mesmas aspirações de aprendizagem e, por conseguinte, as mesmas necessidades.

Inversamente, os membros têm de lidar com o aumento do volume e complexidade de suas multifiliações, isto é, simultâneas filiações em múltiplas comunidades. Eles têm de encontrar uma participação significativa em todas essas relações preservando o sentido de sua própria identidade em todos os contextos.

A tecnologia contribui para a tensão entre o indivíduo e a comunidade. Embora uma ferramenta possa ser projetada para grupos, ela é largamente utilizada individualmente, frequentemente quando se está sozinho. A tecnologia também aumenta a complexidade da polaridade grupo/indivíduo.

Ao providenciar variadas oportunidades de convivência ela também abre possibilidades para um extremo de múltiplas afiliações. Mas a tecnologia pode também ajudar a gerir essas complexidades. Ela pode tornar a comunidade visível de novas maneiras por meio de diretórios, mapas de localização de membros, estatísticas de participação e representações gráficas da saúde da comunidade. Ela pode fornecer ferramentas para os indivíduos filtrarem informações que se ajustem às suas necessidades, localizar outros, buscar conexões, saber quando e onde as atividades importantes estão acontecendo e para reunir novos conteúdos provenientes das várias comunidades num único lugar. Como as múltiplas afiliações tornam-se mais prevalentes, as ferramentas para gerir a polaridade grupo/indivíduo são cada vez mais uma contribuição central da tecnologia.

2.5.5 Orientações de uma comunidade virtual

Segundo Wenger *et al.* (2009), as comunidades aprendem juntas de diversas maneiras e estabelecem nove orientações, padrões típicos de atividades e conexões, através dos quais os membros experimentam ser uma comunidade, nomeadamente reuniões, projetos, conteúdo, acesso ao conhecimento, relacionamentos, participação individual, cultivando comunidades, dedicação a um contexto.

Cada orientação está associada a um conjunto de ferramentas que suportam seus padrões de atividade. Estas orientações refletem a importância que as comunidades têm sobre as várias maneiras de estar junto. As orientações não são mutuamente exclusivas, da mesma maneira que as comunidades virtuais de aprendizagem, têm mais de uma ênfase e podem ser combinadas com vários graus de ênfase para criar o estilo geral de uma comunidade (Schwier, 2002). Embora muitas comunidades façam um pouco de tudo, alguma orientação irá dominar e oferecer à comunidade uma sensação distinta. As orientações não são fixas e novas orientações podem surgir, mudando as orientações existentes em importância ou em características e as antigas acabam por desaparecer.

Serão descritas somente três destas orientações por terem características que foram importantes na realização deste estudo.

2.5.5.1 Reuniões

A primeira orientação foi denominada reuniões pelo facto de muitas comunidades colocarem uma grande ênfase em reuniões regulares onde os membros engajam-se em atividades partilhadas por um tempo determinado. Nestas reuniões, é a participação manifesta dos membros que afiançam a existência da comunidade. Esta orientação pode apresentar-se de três formas:

- reunião *face-to-face* ou *blended*, quando as pessoas reúnem-se em um único local ou participam de um encontro face-a-face por uma conexão telefónica ou de vídeo;
- reunião *online* síncrona, quando as reuniões ocorrem durante algum tempo, mas em lugares diferentes;
- reunião *online* assíncrona, quando as reuniões ocorrem em tempos diferentes, mas com um foco limitado de tempo.

Alguns fatores são determinantes para o êxito das reuniões, nomeadamente, um ritmo apropriado de reuniões ao longo do tempo com uma frequência e agendas que se encaixem nas vidas dos membros; reuniões comunitárias práticas, por exemplo, agendas ou outras práticas criadas para tornar as reuniões produtivas; a atenção para as diferenças individuais de participação dos membros, por exemplo, protocolo de reuniões para ajudar os membros e chamá-los ao telefone para que se sintam tão presentes quanto os que estão presentes face-a-face. Outras questões também têm de ser consideradas como, por exemplo, o tamanho do grupo, se estão face-a-face, *online* ou ambos, como estão distribuídos os participantes através dos fusos horários, como as interações síncronas e assíncronas podem melhor apoiar as reuniões, etc.

A tecnologia tanto muda as reuniões face-a-face como torna as reuniões à distância possíveis e produtivas. Todas as fases das reuniões podem usufruir do suporte da tecnologia, desde o agendamento da reunião e a preparação de agendas antes da reunião, o envio de anúncios e as interações durante a reunião, até ao arquivamento e distribuição de apontamentos após a reunião.

A escolha da tecnologia a utilizar tem que refletir o estilo da comunidade: formal versus informal, apresentação versus discussão. Por sua vez, a tecnologia pode impor um certo estilo. Por exemplo, interações a base de *chats* exigem a facilitação para a tomada de palavra quando um grande número de pessoas está envolvido. Certos sistemas de web-conferência requerem que as pessoas

aguardem em fila pelo seu turno, o que produz uma conversa organizada, mas menos espontânea.

Assim que se começa a criar relações *online*, podem surgir conversas secundárias e interações improvisadas durante as pausas nas reuniões *offline* utilizando tecnologias como o *email* ou mensagens instantâneas. É difícil reproduzir a maneira como estas relações são formadas nas reuniões virtuais. A partilha de informação, uma parte importante das reuniões face-a-face, é fácil de fazer *online*, mas pode não ser o melhor dispositivo de estruturação para essas reuniões quando outras formas de transmitir informações estão disponíveis. Comunidades acostumadas a interações face-a-face podem ficar perturbadas pelo facto de que as pessoas podem fazer várias tarefas durante reuniões *online*. Multitarefas podem ser libertadoras para os indivíduos que estão menos interessados no assunto, mas podem fragmentar o grupo como um todo.

2.5.5.2 Projetos

A segunda orientação a ser descrita é a denominada projetos, pois existem comunidades em que os membros querem se concentrar em tópicos particulares, aprofundar assuntos e colaborar em projetos para a resolução de problemas ou a criação de artefactos úteis. A aprendizagem não é apenas uma questão de partilha de conhecimentos ou discussão de ideias, os membros precisam fazer coisas em conjunto a fim de desenvolver a sua prática. Os projetos normalmente envolvem um subgrupo dentro da comunidade: participar da equipa do projeto em nome da comunidade torna-se uma importante ligação para a comunidade global. Esta orientação pode apresentar-se de quatro maneiras:

- coautoria: Documentos e outros artefactos são produzidos em colaboração;
- grupos de prática: Subgrupos temporários ou de longo-termo que se focam numa área de interesse, normalmente com o intuito de reportar à uma comunidade maior;
- equipas de projeto: equipas temporárias, formadas para responder a questões específicas em nome de uma comunidade maior,
- instrução: atividades de aprendizagem estruturadas que incluem formação e transferência de prática formal e são realizadas para o público interno ou externo.

Alguns fatores são determinantes para a ocorrência dessa orientação, nomeadamente, a definição coletiva dos projetos relacionados ao domínio da comunidade; a coordenação e liderança; a comunicação adequada entre os

subgrupos e o resto da comunidade e se as organizações de dentro, alinham com o processo interno de gerenciamento de projetos e procedimentos. Além destes fatores outras questões também devem ser consideradas para o êxito dos projetos, por exemplo, se as equipes necessitam de espaços privados, que requisitos são necessários para apoiar as atividades de colaboração, se será necessário informar os membros do progresso dos subgrupos e, neste caso, qual o processo de notificação a ser utilizado ou ainda que tipos de produtos ou resultados são suscetíveis de serem criados, e o que tem de acontecer para tornar isso possível.

Outro fator importante é o tamanho do grupo para a seleção da ferramenta, pois algumas são mais úteis para grupos pequenos enquanto outras são melhores para grupos maiores. A colaboração pode exigir estruturas comuns para trabalhar com artefactos partilhados, coordenar a participação em formas precisas e gerenciar tarefas, particularmente em grupos maiores. Os colaboradores podem necessitar de ferramentas para coeditar ou criar documentos, calendários para coordenar atividades e ferramentas de gerenciamento de projeto para acompanhar tarefas interdependentes. Além disso, um subgrupo concentrado em um projeto, muitas vezes, precisa de comunicar com a comunidade em geral. Ferramentas, tais como *blogs* e *wikis* que convidam à participação em torno de documentos já publicados podem ser usadas para atualizar e envolver o resto da comunidade.

2.5.5.3 Participação individual

A última orientação a ser apresentada é denominada por Wenger *et al.* (2009) de participação individual. A aprendizagem conjunta acontece no contexto de um grupo, mas isso é realizado em experiências individuais. A participação individual numa comunidade é, em si mesma, um processo de crescimento e de desenvolvimento pessoal e por isso tem sentido ajudar a cada participante a fazer seu percurso de aprendizagem e, paralelamente, a tornar-se membro efetivo dessa comunidade (Costa & Peralta, 2008).

Cada vez mais as pessoas são membros e participam de muitas comunidades e trazem diferentes experiências, estilos de comunicação e aspirações para sua participação na comunidade. Alguns membros participam de formas distintas, têm diferentes propósitos, estão engajados com diferentes frequências e níveis de compromisso, desempenham diferentes papéis, usam de maneira diversa as ferramentas, desenvolvem distintas identidades como membros e expressam seus relacionamentos para a comunidade de sua própria maneira.

As comunidades globais precisam de acomodar diversos fusos horários, linguagens e culturas. Fazem um esforço para acomodar as diferenças individuais, reconhecendo as múltiplas afiliações ou tomando vantagem de sua diversidade. Algumas, para manter as pessoas juntas, oferecem apenas uma forma para interagir, independentemente de preferências individuais, a fim de criar uma história partilhada de interações. Outras oferecem uma ampla gama de possibilidades e estilos de interação, acomodando as diferenças individuais na participação, mas soltando os limites criados pelas experiências comuns de interação.

Essa orientação de participação individual tem tanto uma dimensão privada como uma dimensão comum. Isso permite aos membros ter um controle ativo da sua participação e faz parte das diferenças individuais da vida da comunidade. As principais variações desta orientação incluem:

- participação variada e seletiva: As comunidades acomodam várias formas de participação, desde apenas ficar levemente em contato, de escolher algumas áreas de interesse pessoal, de participar ativamente ou de assumir um papel de liderança;
- personalização: Os membros podem individualizar suas experiências na comunidade para servir suas necessidades e circunstâncias pessoais e controlar o acesso das suas informações;
- desenvolvimento individual: A comunidade ajuda os desenvolvimentos individuais de suas trajetórias de aprendizagem, através da orientação, tutoria e recursos individuais;
- múltiplas afiliações: A pertença em muitas comunidades e a gestão da participação através desses contextos é um facto e o desafio de permanecer privado ou ser expressado exteriormente está na forma como a comunidade organiza a participação.

Os membros desenvolvem o seu próprio estilo de participação e estão cientes que outras pessoas desenvolvem outros estilos. Sentem que podem ter uma conexão significativa para a comunidade seja qual for sua forma individual de participação e prosperam nessa diversidade.

Para que a orientação participação individual seja bem-sucedida, a diversidade deve ser explicitamente valorizada, os diferentes níveis e modos de participação devem ser apoiados e facilitados, as práticas e ferramentas devem ser usadas como ponte entre modos de interação (áudio, texto, vídeo, síncrono, assíncrono, face-a-face, *online*), as preferências, disponibilidade e múltiplas afiliações devem ser comunicadas, as opções de personalização devem ser óbvias e

entendidas e os membros devem poder gerir suas interações através de diferentes ferramentas e múltiplas comunidades.

Outras questões ainda devem ser consideradas, como, por exemplo, até que ponto o sucesso da comunidade depende da expectativa de uma participação regular, se o registo do espaço *online* deve ser diário ou semanal, se as reuniões ou interações regulares e eventos devem ser programados, qual a literacia dos membros, estilos de aprendizagem, linguagem, cultura e acesso e familiaridade com a tecnologia, quanta apropriação os membros querem adotar de seu próprio aprendizado e desenvolvimento em comparação com quanta apropriação eles esperam que seja definido pela comunidade como um todo. E ainda outras questões podem ser colocadas seja ao número de comunidades que os membros pertencem ao mesmo tempo ou mesmo quanto as ferramentas que utilizam.

A participação pode ser uma experiência altamente individual quando a tecnologia torna-se a principal janela para os membros em suas comunidades. Esta participação pode consistir a visitas a *websites* ou a conferências *web* ou em uma variedade de eventos *online*, conversações e reuniões. Se vários modos de interação são suportados com diferentes tecnologias, as comunidades precisam de uma infraestrutura tecnológica que possa traduzir esse sucesso de pontos de contato dentro de uma experiência significativa de participação ao longo do tempo. Por exemplo, oferecer aos membros a opção de terem informações que lhe são enviadas por boletim informativo e alertas por correio eletrónico ou permitindo que eles organizem seletivamente como aceder ao conteúdo.

Quando existe uma diferença muito grande na intensidade da participação entre os membros, aqueles que participam raramente ou superficialmente podem ficar confundidos pelos novos materiais e novos tópicos. Neste caso, pode ser importante ter marcos individualizados que reflitam os interesses do membro.

Nesta nova realidade virtual a articulação entre o local e o global aumenta a dimensão e a possibilidade de interação entre os seres humanos em tempo real ou adiado, constituindo-se num novo ecossistema cognitivo e social que muda a forma dos indivíduos conceberem a realidade e a si mesmos (Ponte & Oliveira, 2001). O surgimento de comunidades virtuais, possibilitadas por esta nova hipótese de interação e, a associação entre o manancial de ferramentas e as possibilidades que delas advém, promove um campo de interesse por parte daqueles que assumem a responsabilidade pelos recursos tecnológicos de uma comunidade.

Para concluir apresenta-se a seguir uma tabela que resume as atividades e as ferramentas necessárias para as três orientações apresentadas. A tabela criada teve em conta as tabelas definidas por Wenger *et al.* (2009) para cada uma das orientações.

Tabela 2.1 – Atividades e ferramentas para as orientações (adaptado de Wenger *et al.*, 2009).

Reuniões		Projetos		Participação individual	
Atividades	Ferramentas	Atividades	Ferramentas	Atividades	Ferramentas
Programação e comunicação	Calendário partilhado, <i>email</i> , serviços públicos de agendamento, SMS para chamar para protocolos de rede	Criação de conteúdo conjunto	<i>Wikis</i> , partilha de aplicações e ficheiros, acompanhar mudanças nos processadores de texto, fluxo de trabalho.	Personalização	Filtros, apontadores, perfis, preferências, busca personalizada, interfaces em múltiplas línguas, escolha de plataformas para receber conteúdo.
Interações síncronas	Videoconferência, conferências web, <i>webcasting</i> , teleconferência, <i>VoIP</i> , salas de conversa, IM	Sub-grupos	Características de permissão: Controlo de acesso, grupos privados de mensagens, criação de subespaços em tempo real para necessidades emergentes.	Subscrição	<i>Emails</i> de alerta, RSS, <i>digests</i> individualizados, mecanismos de alerta, opção de múltiplos encaminhamentos (email, SMS), subscrições sinalizadas em um <i>website</i>
Interações assíncronas	Quadros de discussão, <i>wikis</i> , listas de <i>email</i>	Gerenciamento de projeto	Equipa e ferramentas de gerenciamento de projetos, calendário, painel de projeto e portfólio	Gerenciar a participação individual publicamente	Quadros de avisos para anunciar casos individuais, tais como ausências ou períodos de acesso limitado, lista de preferências de comunicação
Presença	Ferramentas de presença, diretórios, imagens dos participantes	Instrução	Plataforma de <i>e-learning</i> , rastreamento de participação/ Realização, partilha de ecrã, ferramentas para reunião em rede.	Gestão de privacidade	
Apoio e facilitação de reuniões	Transmitir apresentações, partilhar aplicações, quadros brancos, distribuição e partilha de documentos, guia de visitas, ferramentas para permitir <i>brainstorming</i>	Comunicação ou envolvimento com o resto da comunidade ou com um público mais amplo	<i>Blogs</i> , <i>wikis</i> , registro (gravação) da saída do vídeo.	Navegação individualizada no site através visitas sucessivas	
Permitir canal de retorno	<i>Chat</i> , IM, fone, <i>microblog</i>			Suporte para multifiliação	Página “Minhas comunidades”, agregadores (RSS, <i>tags</i> , <i>feeds</i>), listas de comunidades em páginas pessoais
Participantes	Pesquisas, IM, ferramentas de <i>feedback</i>			Modos de interação	
Criação e distribuição de partilha e/ou anotações para reuniões face-a-face ou <i>online</i>	<i>Wikis</i> de fácil atualização, <i>blogs</i> , salas de conversa, <i>email</i> , ferramentas de partilha de imagens e vídeos, quadros brancos eletrónicos				
Participação a distância em reuniões face-a-face	Telefone, <i>feeds</i> de vídeo, <i>chat</i> , <i>microblogging</i>				
Gravação	Gravação de áudio ou vídeo, <i>podcasting</i> / <i>vodcasting</i> , publicação de fotos				

Parte II

Resolução de problemas

2.6 A investigação sobre a resolução de problemas

A resolução de problemas e a sua relação com a aprendizagem da Matemática vem sendo estudada durante várias décadas. O matemático George Polya, em 1945, impulsionou a discussão e o interesse de investigadores pelo estudo do método para resolver problemas com o seu livro *How to Solve It* (Pólya, 1978). A motivação prendia-se a apresentação de estratégias que permitiam entender como funcionava a resolução de determinado tipo de problema.

Tomando por base os registos sobre a resolução de problemas estipulados por Pólya, outros investigadores, como Kilpatrick (1967), Lucas (1972) e Kantowski (1977), procuraram identificar as estratégias utilizadas pelos alunos, quais os métodos de ensino mais eficientes e quais os processos utilizados pelos mesmos enquanto resolviam problemas (Schoenfeld, 2007). De acordo com Fernandes, Borralho e Amaro (1994), Kilpatrick (1967) foi o primeiro investigador a estabelecer um esquema de codificação para compreender os processos que os alunos utilizavam para resolver problemas.

Outros investigadores, como Hiebert e Wearne (1991), Lucas *et al.* (1980) e Kantowski (1977), citados por Fernandes *et al.* (1994), propuseram novas codificações mais pormenorizadas e em outros tipos de problemas, mas sempre relacionados com um conjunto mais ou menos ampliado de estratégias. No entanto, as investigações em termos de codificação dos processos diminuíram por não permitirem o registo de outras ações que não constassem na lista de verificação, pela dificuldade em registar e codificar os processos de resolução que tornaram-se cada vez mais difíceis pela impossibilidade de observar os alunos em seu ambiente natural, fazendo com que a recolha e análise dos processos utilizados pelos alunos fossem um bocado artificiais, entre outras (Fernandes *et al.*, 1994).

Passadas algumas décadas, surge uma nova proposta para a resolução de problemas, apresentada por Schoenfeld (1979), que inicialmente procurou instruir os alunos em heurísticas para resolução de problemas, porém, em sua revisão (Schoenfeld, 1992), reconheceu que não obteve o êxito desejado ao tentar ensinar estratégias gerais e centrou sua atenção na integração de novos componentes da resolução de problemas que podiam explicar as atuações dos resolvedores,

nomeadamente, conhecimento básico, aspetos metacognitivos, aspetos afetivos e de sistema de crenças e práticas (Castro Martínez, 2008).

Lester (1993) relata o apogeu da resolução de problemas nos Estados Unidos da América entre os anos 70 e os anos 90. No período de 1970 a 1982, a investigação em resolução de problemas tinha o seu foco no treinamento de heurísticas, na identificação de características de sucesso dos bons resolvedores de problemas, no isolamento de fatores essenciais da dificuldade de um problema. Entre 1978 a 1985, o treinamento de estratégias e a comparação entre o sucesso e o insucesso de resolvedores de problemas foram a ênfase da investigação. Por meados de 1982 a 1990, os estudos recaíram sobre os aspetos metacognitivos, os aspetos afetivos e de sistema de crenças e práticas para resolver problemas. A partir de 1990 até 1994, a investigação teve seu âmago na influência social e na resolução de problemas dentro de um contexto (Lester, 1994).

Segundo esse autor, duas publicações foram importantes para o desenvolvimento curricular e investigação em resolução de problemas nos EUA: *An Agenda for Action* (1980) e *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics* (1989). A primeira foi a responsável pela denominação de 'década da resolução de problemas' nos EUA, porém, embora referindo que a resolução de problemas deveria ser o foco da Matemática escolar, não explicava como fazê-lo (Stanic & Kilpatrick, 1989), enquanto as Normas, por contraste, apresentaram numerosas sugestões a este respeito. Mesmo assim, não havia indicações claras de como tornar a resolução de problemas parte integrante do currículo, ou seja, por onde começar, que problemas e experiências deveriam utilizar, etc.

Nesse período de 20 anos, Lester (1993) identificou três áreas em que foi realizado um progresso significativo, nomeadamente nas questões que identificavam as dificuldades de um problema, o que distinguia os bons e fracos resolvedores de problemas e o ensino da resolução de problemas. Foram identificadas quatro classes de variáveis que contribuíam para a dificuldade de um problema, nomeadamente, de variáveis de conteúdo e contexto, de estrutura, de sintaxe e variáveis do comportamento heurístico.

Relativamente à segunda questão, Schoenfeld (1985) distingue os bons e os fracos resolvedores de problemas em cinco aspetos: os bons resolvedores sabem mais e de forma diferente, estão mais conscientes acerca dos seus pontos fortes e fracos, tendem a evidenciar as características estruturais dos problemas, preocupam-se com soluções mais elaboradas e são melhores a inspecionar e sistematizar os seus esforços de resolução.

Relativamente ao ensino da resolução de problemas, evidenciou alguns resultados relevantes, como a necessidade dos alunos de resolverem muitos

problemas, que ensinar acerca da resolução de problemas contribui pouco para melhorar a capacidade de resolução dos alunos, a necessidade destes de acreditarem que o seu professor julga importante a resolução de problemas e que estes devem ser planeados de forma sistemática.

A investigação em resolução de problemas floresceu nos EUA durante os anos de 1980, e foi reduzida gradualmente em meados da década de 1990. Embora muito mais houvesse a ser feito o declínio na investigação deveu-se ao facto de outras questões tomarem a atenção dos investigadores, tais como as influências socioculturais na aprendizagem da Matemática, concepções acerca da natureza da Matemática, aplicações da Matemática e avaliação (Schoenfeld, 2007; Lester, 1993). No final de 1980, havia grandes teorias psicológicas de aquisição e utilização do conhecimento, porém não havia nada ao nível do detalhe que poderia explicar como e porque as pessoas escolhiam um determinado caminho enquanto estavam envolvidos em resolver um problema.

A queda na investigação em resolução de problemas não significou menos progresso, uma vez que continuou ao longo dos anos de 1990 e, para os investigadores do século XXI, evoluiu numa série de ferramentas, técnicas e ideias para a caracterização de ambientes de aprendizagem produtivos. Os investigadores começaram a desenvolver ferramentas e técnicas para caracterizar os mecanismos pelos quais os indivíduos desenvolviam-se em interação com seus ambientes, tanto dentro como fora da sala de aula (Schoenfeld, 2007).

Em Portugal, como refere Fernandes (1998), a resolução de problemas desenvolveu-se concomitantemente com o desenrolar da Educação Matemática, relativamente a elucidação de conceitos, a caracterização de tipos, métodos e estratégias de resolução bem como outros fatores que determinam a resolução, tais como a natureza dos problemas, os contextos de resolução, as concepções, os conhecimentos e as capacidades de professores e alunos. A relação entre a resolução de problemas, a aprendizagem de conceitos estruturantes da Matemática e o desenvolvimento de capacidades associadas ao pensamento matemático também foram aspetos que acrescentaram um significado positivo ao desenvolvimento desta temática.

Segundo Ponte (1993), a Educação Matemática em Portugal pode ser apresentada em três fases distintas. A primeira delas, denominada incubação, que termina por volta da primeira década dos anos 80, sem ter um início bem definido, é marcada pelas figuras de Bento Jesus Caraças e José Sebastião e Silva, que deixam em suas obras um marco importante para o desenvolvimento da Educação Matemática em Portugal.

A segunda fase, o nascimento, é caracterizada pelo surgimento da Educação Matemática como área diferenciada do saber e onde se começa a discutir o papel da resolução de problemas, as implicações do uso da tecnologia e as causas do insucesso na aprendizagem da Matemática. Em 1982, a Sociedade Portuguesa de Matemática (SPM) apresenta um programa de orientações curriculares para Portugal, que enfatiza a resolução de problemas, tecnologias e aplicações (Matos, 2008). Em 1985, inicia-se na Faculdade de Ciências de Lisboa um programa regular de mestrados em Educação Matemática, que influenciaram o percurso da área nos anos seguintes. Relativamente ao tema da resolução de problemas, Ana Mesquita e Joana Castro investigaram este tema ligado às Olimpíadas de Matemática, considerando o cariz afetivo dos alunos que participam neste tipo de competição.

Por fim, a fase de desenvolvimento inicia-se no princípio dos anos 90, contando com uma comunidade científica consistente que participa efetivamente em seminários, criam grupos de investigação na área (por exemplo, o GIRP – Grupo de Investigação em Resolução de Problemas) e onde surgem os primeiros projetos. Destes, quatro têm seu início em 1992, sendo um deles sobre a Resolução de Problemas, orientado por Domingos Fernandes na Universidade de Aveiro, que procura desenvolver metodologias ao estudo das diversas variáveis consideradas relevantes nesta atividade. Outra orientação de investigação bastante significativa surge na relação entre a Matemática e a realidade, com o trabalho de Susana Carreira (1992), que olha para as aplicações e a modelação ligadas ao estudo da trigonometria (Ponte, 1993).

Em 1993, José Delgado e Isabel Vale realizam dois estudos que privilegiam a temática das conceções e práticas dos professores em relação à resolução de problemas e Boavida (1994) discutiu as principais inclinações da Filosofia da Matemática e o conceito de resolução de problemas, procurando mostrar as relações entre estas duas especialidades nas representações pessoais dos professores. Além dessas dissertações, foram publicados três livros sobre a investigação em resolução de problemas (Ponte, Fernandes, Matos, & Matos, 1992; Fernandes *et al.*, 1994; Fernandes, Lester, Borralho, & Vale, 1997), que envolveram a cooperação de investigadores estrangeiros (Matos, 2008).

Portugal também passa a ter uma maior afluência de investigações sobre estes temas e, ainda outros, como as investigações e explorações matemáticas ou o papel das aplicações e da modelação na Matemática escolar (Ponte, 2008).

Vasconcelos, Lopes, Costa, Marques e Carrasquinho (2007), num estudo realizado sobre o estado da arte na resolução de problemas, verificaram que o tema não foi muito tratado nas revistas portuguesas no período de 2000 a 2003. No entanto, continuaram as investigações em resolução de problemas associadas

às novas vertentes, como, por exemplo, o estudo realizado sobre as concepções e práticas de três professores de Matemática na avaliação da resolução de problemas onde destaca a grande dificuldade que este processo se reveste mesmo para os professores com muita experiência (Graça 2003).

Apesar destes anos dedicados à investigação nesta área, a capacidade dos alunos para resolver problemas ainda necessita de uma melhoria substancial, principalmente pela constante evolução do mundo atual. Os alunos portugueses, em avaliações internacionais, como o PISA (<http://www.pisa.oecd.org/>) – Programa Internacional de Avaliação de Alunos –, que em 2003 teve como principal domínio de avaliação a literacia matemática e a resolução de problemas, mostraram resultados aquém do esperado na resolução de problemas. Este programa, para além de medir o conhecimento curricular dos alunos procura saber até que ponto adquiriram alguns dos conhecimentos e habilidades que são essenciais para a total participação na sociedade.

A resolução de problemas é uma tarefa complexa, que envolve, entre outros, conteúdo matemático, estratégias de pensamento, raciocínio e processos, disposições, crenças, emoções, e fatores contextuais (English, Lesh, & Fennewald, 2008). Embora a complexidade e todas as dificuldades, a investigação em resolução de problemas tem-se desenvolvido e reflete a preocupação dos investigadores em criar uma base sólida para o domínio desta área. Como referido por Carreira (2010), “atualmente, a capacidade de resolução de problemas assume-se como uma das finalidades da educação matemática e adquire um estatuto de filosofia curricular de âmbito internacional”.

2.7 Algumas definições

É difícil definir precisamente o que seja um problema, uma vez que uma dada situação que constitui um problema para alguns indivíduos pode não o ser para outros.

Não se deve considerar uma questão, em si, como sinónimo de problema, no sentido de que uma pergunta ou indagação podem não trazer nenhuma conotação problemática. Para caracterizar um problema, é necessário uma questão cuja resposta se desconheça e se necessite conhecer.

Determinados autores caracterizam um problema tomando como referência a relação do indivíduo com a situação, enquanto outros focam a sua atenção nas características da própria tarefa.

Segundo Kantowski (1977), “um indivíduo está perante um problema quando se confronta com uma questão a que não pode dar resposta ou com uma situação que não sabe resolver, usando os conhecimentos imediatamente disponíveis”.

Para Lester Jr. e D’Ambrósio (1988), uma tarefa será um problema para um indivíduo somente quando ele: (i) estiver motivado, por desejo ou necessidade, a encontrar uma solução, (ii) não souber, de imediato, como encontrar uma solução, e (iii) tiver que se empenhar em procurar uma solução.

É preciso, ainda, distinguir exercício de problema.

Um exercício serve apenas para exercitar, para praticar um determinado algoritmo ou processo. O aluno, ao ler o exercício, extrai as informações necessárias para praticar uma ou mais habilidades algorítmicas. Um problema, por sua vez, é uma descrição de uma situação onde procura-se algo desconhecido e não se dispõe previamente de nenhum algoritmo que garanta sua solução. A resolução de um problema exige, do aluno, iniciativa e criatividade aliada ao conhecimento de algumas estratégias (Santos, 1998).

Segundo Kvitca (1983), uma pessoa está perante um problema quando não conhece imediatamente que ação, ou ações, deve executar para conseguir resolvê-lo. Muitas vezes, essa impossibilidade de resolvê-lo imediatamente deve-se as diversas maneiras possíveis de executar esta ação e a dificuldade encontra-se justamente na dúvida de qual a melhor estratégia a tomar. Estas decisões influenciam na efetividade e eficiência da resolução do problema. Portanto, três componentes determinam a existência de um problema: (i) um objetivo ou meta que se deseja alcançar, (ii) um conjunto possível de ações, e (iii) uma situação inicial em que geralmente o problema não está resolvido e em que é possível agir para satisfazer o objetivo desejado. Para que o problema possa ser resolvido é necessário que estes componentes estejam expressos de uma maneira clara para o potencial resolvidor do problema. No caso do estudo abordado neste trabalho, os dados devem ser claros para que o computador possa interpretá-los corretamente.

De acordo com Schoenfeld (1992), o conceito de problema matemático pode mover-se entre duas extremidades: (i) algo que precisa ser feito ou exige uma ação e (ii) uma questão que causa perplexidade ou representa um desafio.

Um indivíduo, no seu percurso de vida, é constantemente confrontado com situações inéditas, que não obtém resposta com recurso a esquemas de comportamento anteriormente aprendidos sendo necessário apelar a novas combinações de respostas cognitivas. Neste caso, está-se perante situações problemáticas e processos de resolução de problemas (Costermans, 2001).

É difícil chegar a um conceito único sobre o que seja a resolução de problemas. Schoenfeld (1991) afirma que se fossem questionados sete educadores matemáticos sobre o conceito de resolução de problemas, provavelmente seriam obtidas nove definições diferentes.

O estudo PISA 2003 (GAVE, 2004, p. 10) adota a seguinte definição da resolução de problemas: “A resolução de problemas é a capacidade de um indivíduo usar processos cognitivos para confrontar e resolver situações reais e interdisciplinares, nas quais o caminho para a solução não é imediatamente óbvio e em que os domínios de literacia ou áreas curriculares passíveis de aplicação não se inserem num único domínio, seja o da matemática, das ciências ou da leitura”.

Uma situação problemática refere-se a situações que apresentam determinadas características, enunciadas a seguir: (i) estar em desacordo com as intenções de ação, (ii) estar em desacordo com as concepções associadas à situação ou quando existe uma combinação de (i) e (ii) (Matos, 1994). E ainda, segundo Matos e Carreira (1996, p. 13), “quando conduz à formulação de um ou vários problemas quando se começam a colocar questões acerca dessa situação”. Ao formular-se questões acerca desta situação, chega-se ao problema. Esses autores representam um problema através de “um par (S, Q) onde S representa a situação problemática e Q um conjunto de questões relativas a essa situação e em relação às quais não são conhecidos procedimentos ou algoritmos para obtenção de resultados ou soluções”.

Butts (1980) afirma que estudar Matemática é resolver problemas. Para ele, a incumbência do professor de Matemática, em todos os níveis, é ensinar a arte de resolver problemas, sendo que o primeiro passo nesse processo deve ser o de colocar o problema adequadamente.

Um bom problema matemático, segundo Dante (2002), deve ter as seguintes características: (i) ser desafiador, (ii) ser real, (iii) ser interessante, (iv) ser o elemento desconhecido de um problema realmente desconhecido, (v) não consistir na aplicação evidente e direta de uma ou mais operações aritméticas e (vi) ter um nível adequado de dificuldade.

Para Schoenfeld (1991), um bom problema deve ser (i) acessível, (ii) permitir diversos caminhos para a sua resolução e (iii) servir como introdução à ideias matemáticas e permitir explorações matemáticas.

Partindo das ideias de Schoenfeld (1991; 1992) acerca do que seja um bom problema e da definição de que um problema é uma questão que causa perplexidade ou representa um desafio, neste estudo será utilizado um termo composto para representar esta união de ideias. A escolha recaiu sobre problema-

desafio, pois, tomados isoladamente, os termos parecem opostos, um denotando tensão e o outro estímulo, mas, tomados conjuntamente, traduzem o que esperamos de um bom problema, ou seja, que desafie o aluno à sua resolução. Segundo Mason (1998), “as pessoas necessitam de um sentimento de sucesso, de realização; necessitam também de um desafio para vencer”.

2.8 Tipos de problemas matemáticos

Existem várias classificações para os tipos de problemas matemáticos, propostas por diversos autores.

Charles e Lester (1982) e Lester Jr. e D’Ambrósio (1988) apresentam uma classificação que dispõe os problemas em seis categorias: (i) exercícios de treinamento; (ii) problemas de tradução simples; (iii) problemas de tradução complexa; (iv) problemas-processo ou heurísticos; (v) problemas de aplicação; (vi) problemas de quebra-cabeça.

A classificação apresentada por Dante (2002), descrita a seguir, é semelhante, porém subdivide os problemas tipo exercício em (i) exercícios de reconhecimento e (ii) exercícios de algoritmos. E, ainda, em (iii) problemas-padrão, (iv) problemas-processo ou heurísticos, (v) problemas de aplicação e, finalmente, (vi) problemas de quebra-cabeça.

Butts (1980) apresenta outra classificação para os problemas matemáticos, dividindo-os em cinco categorias: (i) exercícios de reconhecimento; (ii) exercícios de algoritmos; (iii) problemas de aplicação; (iv) problemas abertos (*open search*); (v) situações-problema.

Os problemas tradicionais de palavras, cuja resolução requer que o aluno formule o problema simbolicamente e manipule os símbolos de acordo com vários algoritmos, encaixam-se na categoria dos problemas de aplicação de Butts (1980), os quais correspondem aos problemas-padrão na classificação de Dante (2002).

De acordo com Butts (1980), nos três primeiros tipos de problemas a estratégia para a resolução já está contida no próprio enunciado, restando ao aluno traduzir as palavras escritas em proposições matemáticas e aplicar os algoritmos apropriados.

Os problemas abertos, por sua vez, não contêm em seu enunciado uma estratégia para a sua resolução. Tipicamente, tais problemas são dados na forma “Prove que...”, “Encontre todos...”, “Para quais... é ...”, além de muitas outras variações.

Na classificação de Dante (2002), estes problemas são considerados como sendo heurísticos.

Finalmente, as situações-problema da classificação de Butts (1980) correspondem aos problemas de aplicação nas classificações propostas por Charles e Lester (1982), Lester Jr. e D'Ambrósio (1988) e Dante (2002).

Uma classificação mais simples pode ser a descrita em Cabrita (1998): (i) problemas-padrão, que apenas precisam traduzir a linguagem usual em linguagem matemática; (ii) problemas não-padrão, que são aqueles que utilizam métodos mais flexíveis, como é o caso do problema dos 'apertos de mão'; (iii) problemas do mundo real, nos quais os alunos têm de selecionar e aplicar ferramentas matemáticas na sua descrição, e (iv) problemas de quebra-cabeça, que dependem de estratégias ou sorte para a respetiva solução.

Alguns problemas podem admitir mais que uma classificação, por permitirem vários caminhos possíveis para a sua resolução, é o caso dos problemas abertos de aplicação, normalmente provenientes de situações da vida real.

2.9 Etapas para a resolução de um problema

Aprender a resolver problemas matemáticos, segundo Hatfield (1978), deve ser o maior objetivo da instrução matemática. Certamente, outros objetivos da Matemática devem ser procurados, mesmo para atingir o objetivo da competência em resolução de problemas. É importante desenvolver conceitos matemáticos, princípios e algoritmos, embora o significado principal de aprender tais conteúdos matemáticos, de acordo com esse autor, é tornar-se capaz de usá-los na construção das soluções das situações-problema.

Esse pensamento é partilhado por diversos outros investigadores, entre os quais Lester Jr. e D'Ambrosio (1988) e Pólya (1978), que referem que um dos principais motivos para se estudar Matemática é que, através dela, aprende-se a resolver problemas.

Pólya (1978) divide o processo de resolução de um problema matemático em quatro etapas: (i) compreensão do problema, (ii) elaboração de um plano, (iii) execução do plano, e (iv) retrospecto ou verificação.

Embora essas etapas ajudem o aluno a orientar-se durante o processo de resolução, deve ficar bem claro que as mesmas não são rígidas, fixas e infalíveis, possuindo as mesmas apenas um carácter didático.

O processo de resolução de um problema é bem mais complexo, não se limitando apenas a seguir instruções passo a passo capazes de conduzir à solução do problema como se fosse um algoritmo.

O plano de resolução recomendado por Pólya (1978) está sumarizado a seguir.

- **Compreensão do problema** – Primeiramente, é preciso compreender bem o problema. Para isso, o aluno deve ser capaz de responder a questões como: O que se pretende no problema? Quais são os dados e as condições do problema? É possível satisfazer as condições? As condições são suficientes para determinar as incógnitas ou, ao contrário, são insuficientes, redundantes ou contraditórias? É possível traçar uma figura, um diagrama ou fazer um esquema da situação? É possível estimar uma resposta?
- **Elaboração de um plano** – Nesta etapa, o aluno deve elaborar um plano para a resolução do problema, fazendo a conexão entre os dados e a incógnita. É possível que o aluno seja obrigado a considerar problemas auxiliares, caso não seja capaz de encontrar uma conexão imediata. Algumas perguntas que podem ser formuladas nesta fase são: Algum problema semelhante a este já foi resolvido anteriormente? É possível organizar os dados na forma de tabelas e gráficos? É possível resolver o problema por partes? É possível traçar um ou vários caminhos em busca da solução?
- **Execução do Plano** – Nesta etapa, o aluno deve executar o plano de resolução elaborado anteriormente, verificando-o passo-a-passo. Para isso, todos os cálculos indicados no plano devem ser efetuados, bem como todas as estratégias pensadas devem ser executadas, obtendo-se desta forma várias maneiras de resolver o mesmo problema.
- **Verificação** – Na etapa final, o aluno deve examinar a solução obtida e fazer a verificação do resultado. A verificação faz com que o aluno reveja todo o caminho percorrido até a obtenção da solução, servindo assim para a detecção e correção de possíveis erros cometidos durante o processo de resolução. Após a verificação do resultado e das estratégias utilizadas, algumas questões podem ser formuladas: É possível chegar ao resultado por um caminho diferente? É possível utilizar o mesmo método ou estratégia para resolver problemas semelhantes?

Dada a relevância para o presente estudo, convém aqui referir que vários autores, desde o início da década de 1980 (ver, por exemplo, Perkins, 1981; Lin & Dalbey, 1989; Tu & Johnson, 1990; Raadt, Toleman & Watson, 2004; Proulx

& Gray, 2006) têm sugerido que os computadores e os métodos de programação constituem-se em ambientes e ferramentas adequadas à aquisição de habilidades de resolução de problemas, sendo a própria programação de computadores uma rica fonte de experiências de resolução de problemas.

Nesse sentido, Perkins (1981) utilizou o ambiente de programação LOGO, desenvolvido por Seymour Papert, para mostrar que o ensino de uma linguagem de programação e a execução de pequenos projetos em computador podem contribuir de forma significativa para o desenvolvimento da criatividade e das habilidades de resolução de problemas.

Os processos de organização, abstração, formalização e depuração referidos por Perkins (1981) no contexto de um ambiente de programação, correspondem, na verdade, às quatro etapas da estratégia geral de resolução de problemas proposta por Pólya (1978), antes descritas, como indicado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Comparação entre as estratégias de resolução de problemas e de programação de computadores (adaptado de Tu e Johnson, 1990).

Estratégias de resolução de problemas (Pólya, 1978)	Estratégias de programação de computadores (Perkins, 1981)
Compreensão do problema	Determinação das entradas e saídas
Elaboração de um plano	Construção de fluxogramas ou algoritmos
Execução do plano	Desenvolvimento do código computacional
Verificação da solução	Depuração do programa e verificação dos resultados

Por outro lado, seguindo a mesma linha de Pólya, Schoenfeld (1980) propõe que se trabalhe em sala de aula várias estratégias para a resolução de problemas, tais como examinar casos particulares, escolher sub-metas e tentar explorá-las, considerar o efeito de pequenas modificações no problema original, construir tabelas e gráficos, etc.

Essas sugestões ou estratégias gerais, independentes de qualquer tópico em particular ou assunto e que auxiliam na abordagem e compreensão de um problema e a colocar em ordem os recursos necessários para solucioná-lo, são denominadas heurísticas.

As heurísticas mais utilizadas em Resolução de Problemas, resultantes de um levantamento efetuado por Schoenfeld (1980), são descritas a seguir.

- **Análise e compreensão do problema** – Desenhar, se possível, um diagrama. Examinar casos especiais para: (i) exemplificar o problema; (ii) explorar a gama de possibilidades através de casos limitadores; (iii) encontrar padrões indutivos, estabelecendo parâmetros inteiros iguais a 1, 2, 3, ... em sequência. Tentar simplificar o problema sem perder a generalidade (incluindo a implicação ou redução do problema).
- **Esboço e planeamento de uma solução** – Planear as soluções hierarquicamente. Ser capaz de explicar, em qualquer ponto da solução, o que está sendo feito e o porquê; o que será feito com o resultado desta operação.
- **Exploração de soluções para problemas difíceis** – Considerar uma variedade de problemas equivalentes: (i) substituir as condições por condições equivalentes; (ii) recombina elementos do problema de diferentes maneiras; (iii) introduzir elementos auxiliares; (iv) reformular o problema por uma mudança da perspectiva e da notação, por consideração a raciocínios por contradição, por assumir uma solução e determinar suas propriedades; (v) considerar ligeiras alterações no problema original, tais como: escolher submetas e tentar atingi-las, enfraquecer uma condição e tentar, então, rompê-la e decompor o problema e trabalhar nele caso a caso; (vi) considerar amplas modificações no problema original tais como: examinar problemas análogos com menor complexidade (um número menor de variáveis), manter todas as variáveis fixas, menos uma, a fim de determinar a influência dela e explorar qualquer problema com forma similar; tentar explorar tanto o resultado como o método.
- **Verificação da solução** – a) usar os seguintes testes específicos: (i) a solução usa todos os dados pertinentes? (ii) ela ajusta as estimativas ou previsões razoáveis? (iii) ela será aprovada em testes de simetria, análise dimensional ou de mudança de escala? b) usar os seguintes testes gerais: (i) a solução pode ser obtida de modo diferente? (ii) pode ser substantiada por casos especiais? (iii) pode ser reduzida a resultados conhecidos? (iv) pode ser usada para gerar algo conhecido?

2.10 O papel da resolução de problemas nos currículos

Para Engel (1991), a construção de uma proposta pedagógica centrada na resolução de problemas implica uma organização multidisciplinar do currículo de modo a confrontar os alunos com situações-problemáticas tais como aquelas que

encontrarão na vida real. A necessidade de escolher conteúdos e métodos adequados a esta proposta leva a que, no currículo, adotem-se alguns princípios de aprendizagem, de maneira que: (i) a aprendizagem seja cumulativa, ou seja, nenhum tópico será tratado de forma completa e absoluta, mas sim reintroduzido reiteradamente; (ii) seja integrada, isto é, os conteúdos deverão ser expostos na medida em que se relacionam ao problema; (iii) a aprendizagem deverá ser crescente de maneira que as competências exigidas transformem-se à medida que os alunos amadurecerem, e (iv) deverá ser consistente, ou seja, os objetivos da aprendizagem baseada em problemas deverão ser operacionalizados nos diversos aspectos do currículo.

Stanic e Kilpatrick (1989) resumem o papel que a resolução de problemas desempenha nos currículos escolares em três vertentes, nomeadamente, a resolução de problemas como contexto, como capacidade e como arte.

A resolução de problemas como contexto apoia a ideia de que tanto os problemas quanto a sua resolução são meios para se chegar a um fim, ou seja, os problemas podem fornecer a justificação do porquê de ensinar Matemática, servir de motivação para o aluno aprender, como atividade lúdica, como um veículo para a aprendizagem ou, ainda, podem ser vistos como a prática essencial para fortalecer as capacidades e conceitos ensinados. A resolução de problemas como capacidade é vista como um conjunto de habilidades a adquirir pelos alunos. E, finalmente, a vertente da resolução de problemas como arte, que surgiu do trabalho de Pólya (1978), que acreditava que resolver problemas era uma arte prática tal como nadar ou tocar piano e que se aprendia por imitação e prática. Acreditava que o professor era a engrenagem que movia a aula em sincronia, era o elemento capaz de estabelecer o tipo correto de problemas para uma determinada aula e estabelecer a ajuda essencial para os estudantes. Estes, por sua vez, deviam compreender como a Matemática foi descoberta e fazer suas próprias descobertas.

Segundo Mendonça (1999), a resolução de problemas tem sido interpretada de três maneiras distintas: (i) como objetivo, o que significa que se ensina Matemática para resolver problemas e, neste sentido, o propósito é o aluno resolver problemas cada vez mais elaborados; (ii) como processo, o que significa olhar para os alunos como resolvidores de problemas, sendo o aluno desta forma levado a reconhecer e discutir estratégias de solução, e (iii) como ponto de partida, o que significa tomar a resolução de problemas como recurso pedagógico. Nesta interpretação, a resolução de problemas é o móbil para a construção do conhecimento matemático pelo aluno.

Gazire (1988) cita três possibilidades de trabalhar com Resolução de Problemas nas aulas de Matemática: (i) resolução de problemas como um novo

conteúdo; (ii) resolução de problemas como forma de aplicação de conteúdos e (iii) resolução de problemas como um meio de ensinar Matemática.

Segundo Gazire (1988), a Resolução de Problemas como um novo conteúdo baseia-se na crença de que o conhecimento e o treinamento de diversas técnicas e estratégias de resolução de Problemas contribuem para que o aluno desenvolva sua habilidade em resolver novas situações-problema.

Nesta perspectiva, estuda-se o problema pelo problema, destacando-se aqui os quebra-cabeças e os jogos, tendo importância secundária o conteúdo a ser utilizado.

Trabalhando desta maneira, o professor apresenta ao aluno um conjunto de estratégias (construir tabelas e gráficos, buscar problemas análogos, estudar casos particulares, procurar um padrão, etc.) e, pressupondo conhecido o conteúdo matemático necessário, propõe vários problemas cuja resolução dará ao aluno a oportunidade de aplicar e treinar tais estratégias. Além disso, cabe ao professor orientar o aluno durante todo o processo de resolução, explicando o problema, fazendo sugestões, formulando perguntas do tipo das apresentadas no plano de resolução proposto por Pólya (1978) e corrigindo as soluções.

Nessa forma de trabalho, o aluno não cria estratégias, apenas discute as situações-problema e as estratégias apresentadas, aplica e treina essas estratégias e elabora as soluções.

Na perspectiva da Resolução de Problemas como aplicação de conteúdos está a crença de que o aluno aprende melhor um determinado conteúdo quando o mesmo é aplicado. Nesta abordagem prevalece o conteúdo, ficando as estratégias em segundo plano (Gazire, 1988).

Dentro dessa forma de trabalho, o professor apresenta um determinado conteúdo matemático, propõe problemas cuja resolução envolva o conteúdo estudado e explica a técnica de resolução e a solução dos mesmos. Ao aluno cabe a tarefa de receber os conteúdos, resolver os problemas propostos, treinar as técnicas apresentadas pelo professor e elaborar as soluções.

Esta é a forma tradicional de trabalhar-se com Resolução de Problemas na sala de aula e que, embora seja importante por mostrar as aplicações da Matemática, pode tornar-se muito mais interessante para o aluno se os problemas propostos estiverem relacionados com outras áreas do conhecimento, tais como a Física, a Química, a Biologia e a Geografia.

A Resolução de Problemas como meio de ensinar Matemática vem da crença de que se o aluno for colocado diante de situações de aprendizagem iniciadas por

problemas-desafio, ocorrerá a construção interiorizada do conhecimento matemático a ser por ele adquirido (Gazire, 1988).

Nessa perspectiva, apoiada na teoria construtivista do conhecimento, prevalece a aprendizagem do aluno.

Trabalhando desta forma, o professor propõe a situação de aprendizagem através de problemas-desafio e orienta o aluno na busca de conteúdos matemáticos necessários para a resolução dos problemas por ele apresentados. Neste processo, o professor faz perguntas, dá sugestões, analisa juntamente com o aluno as soluções encontradas e o incentiva a procurar novos caminhos para a solução, auxiliando-o assim na construção dos conceitos e organização do conteúdo matemático.

Na escolha dos problemas-desafio, o professor deve considerar o conhecimento que possui dos interesses e necessidades do aluno, de modo que este fique motivado a atacar os problemas apresentados.

O aluno, por sua vez, tem liberdade para tomar decisões quanto à forma de atuar diante dos problemas-desafio propostos. É ele quem cria as estratégias e encaminha o processo de solução, analisa os resultados obtidos, tira conclusões, constrói seu próprio conhecimento e organiza o conteúdo envolvido.

Das três perspectivas levantadas por Gazire (1988), a terceira delas, encarando a Resolução de Problemas como uma metodologia de ensino, parece ser aquela que propicia o surgimento de uma aprendizagem mais significativa, pois os alunos são construtores de seus próprios conhecimentos. A metodologia da Resolução de Problemas representa, em essência, uma mudança de postura em relação ao que seja aprender Matemática, buscando-se, com sua aplicação, o desenvolvimento de habilidades de argumentação, observação e dedução e, principalmente, do espírito crítico do aluno.

Muitas das vezes o ensino da Matemática é composto por apenas duas ações, propor questões e resolvê-las. A resolução de exercícios na sala de aula, vista desta forma, não aguça a curiosidade do aluno e nem o desafia, não desenvolvendo assim sua criatividade, iniciativa e postura exploradora. Com isso, ao invés de motivar o estudante, cria, no mesmo, atitudes negativas em relação à Matemática.

Por outro lado, dentro da perspectiva de Resolução de Problemas, além dessas duas ações, exige-se a colocação de mais duas, questionar as respostas obtidas e a própria questão original. Isto é, resolver um problema não significa apenas compreender o que é exigido, aplicar as técnicas ou fórmulas adequadas e obter a resposta correta, mas, além disso, desenvolver uma atitude de ‘investigação

científica' em relação àquilo que está pronto (Gil Pérez, Torregrosa, Carré, Caillot, Martínez Torregrosa, & Ramirez, 1988).

2.11 Tecnologias e resolução de problemas

O primeiro sistema axiomático de que se tem notícia surgiu na Grécia, dando início às primeiras teorias da Lógica (Huskey, 1984). A lógica filosófica teve início com os trabalhos de Aristóteles (c384–322 a.C.), compilados nos textos que compõem a obra *Organon*. A lógica simbólica surgiu apenas em meados do Século XIX, tornando a Lógica formal uma ciência independente da Filosofia. Beneficiou dos desenvolvimentos alcançados pela Álgebra, em cujo contexto surgiu a lógica algébrica, baseada na ideia básica de que as relações lógicas podem ser perfeitamente expressas por meio de fórmulas algébricas, como exposto nos trabalhos dos matemáticos britânicos George Boole e Augustus De Morgan.

Utilizando regras formais, Boole criou o primeiro sistema bem-sucedido para o raciocínio lógico ao empregar técnicas algébricas para o tratamento de expressões no cálculo proposicional, tornando com isto viável a construção de sistemas axiomáticos de Lógica de maneira semelhante à Matemática. O sistema de dois estados possíveis para as variáveis, representados por 1 e 0, proposto por Boole, permitiu operações específicas, transformando proposições lógicas em equações a serem resolvidas de acordo com as regras da Álgebra (Daghlian, 1995). Estas ideias acabariam, muito mais tarde, por se tornar essenciais para o desenvolvimento dos computadores.

A lógica matemática moderna surge só mais para o final do Século XIX, com os trabalhos de Gottlob Frege, que pela primeira vez apresentou um sistema de lógica completamente formalizado, tendo apresentado grandes desenvolvimentos até meados do século passado. Seus antecedentes encontram-se nos trabalhos de Gottfried Leibniz, publicados na segunda metade do Século XVII, nos quais defendeu a possibilidade da construção de uma linguagem simbólica artificial cuja estrutura permitisse representar o pensamento e evitar a incerteza e a ambiguidade da linguagem natural, um dos problemas da lógica filosófica.

Um marco importante para a lógica matemática foi a publicação dos *Principia Mathematica*, obra em três volumes de autoria de Alfred Whitehead e Bertrand Russell, publicados no período de 1910 a 1913. Esta obra de grande fôlego teve como uma de suas motivações dar corpo às ideias de Frege de derivar a matemática da lógica, evitando, porém, os paradoxos que o próprio Russell havia encontrado num trabalho anterior de Frege.

Por volta de 1931, Kurt Gödel teorizou sobre a incompletude dos sistemas axiomáticos (Nagel & Newman, 2001), tendo provado que, num sistema formal suficientemente poderoso para permitir a formação de proposições sobre aquilo que pode ser provado, existirão sempre proposições verdadeiras que poderão ser nele expressas, porém não provadas. Provou ainda que um sistema formal suficientemente poderoso para permitir a formação de declarações sobre aritméticas não é capaz de provar a sua própria consistência.

De forma mais concreta, Alan Turing, em 1936, apoiou essas ideias com a criação de um modelo abstrato de um computador (Davis, 2000). Mostrou que os cálculos mentais são operações que transformam números numa série de estados intermédios que progridem de acordo com determinadas regras, até que uma resposta seja encontrada. Estas regras exigem uma descrição exata de um sistema formal que permita indicar os movimentos, isto é, mudanças de estado, a serem feitos em qualquer configuração possível dos estados do sistema. Assim, Turing mostrou a equivalência entre os estados da máquina responsáveis pelos movimentos num sistema formal automático e os passos de um sistema formal semelhante à Lógica (Hopcroft, Ullman & Motwani, 2002), conceitos esses que, na década de 1940, conduziram ao desenvolvimento da tecnologia dos computadores digitais.

Turing provou ainda que o problema de paragem para a máquina por si definida não é decidível, isto é, que não existe um algoritmo genérico capaz de resolver tal problema — que consiste em saber se um programa arbitrário, com uma entrada finita, irá parar de correr ou correrá indefinidamente — para todas as combinações de programas e entradas possíveis.

Além da máquina de Turing, outros modelos equivalentes, como as funções recursivas, o cálculo lambda, modelo de computação definido por Church em 1936, e as máquinas URM (Keisler & Robbin, 1996), marcam os limites da Computação, uma vez que, a partir dos resultados obtidos por Gödel, Church e Turing, chega-se à conclusão que existem funções não computáveis, isto é, funções cujo valor não pode ser calculado, a partir dos seus argumentos, por uma sequência finita de passos, sendo a descoberta dos limites entre essas funções e aquelas que são computáveis equivalente à descoberta dos limites dos próprios computadores.

Dos sistemas antes referidos, pode-se extrair duas visões interessantes: a da máquina de Turing, ou máquina de estados, e a da máquina URM, ou máquina de algoritmos. Estas duas visões, de estados e de algoritmos, são as que permitem a resolução de problemas matemáticos.

Existem problemas que podem ser pensados como uma máquina de estados e outros como algoritmos, ou seja, como um conjunto de estruturas básicas,

nomeadamente sequência, iteração e seleção, que estão presentes numa máquina URM.

A programação oferece um entorno formal para a resolução de problemas por meio da combinação desses três mecanismos simples: sequência, iteração e seleção. Se a solução de um dado problema é obtida através de um programa, existe a garantia de que todos os passos estão corretos, não havendo a necessidade da validação de cada um deles. Ao nível das crianças e jovens, se um programa funciona bem é porque está correto. Em algum sentido, a existência de um marco formal permite aos alunos ter uma noção sobre se um problema está formalmente resolvido, sendo-lhes assim fornecidas ferramentas formais sem que disto tenham consciência.

Por vezes, na Matemática, em algumas aplicações, os problemas estão interligados. Considere-se, por exemplo, uma empresa que produz embalagens para o leite. Para desenhar a embalagem, é necessário pensar nas diversas variáveis que intervêm neste contexto, nomeadamente no custo do seu transporte, ou seja, em qual deve ser o formato mais adequado para a embalagem de modo a que um camião possa carregar o maior número possível de caixas ao distribuir o produto. Quando o leite chega ao consumidor, este vai guardá-lo no frigorífico. Coloca-se, aqui, um novo desafio. Existem problemas que não são somente matemáticos, ou melhor, são problemas onde a matemática intervém. A matemática não é um fim, mas sim um meio. É o caso da lógica e da programação, que são meios para chegar a um fim.

Os problemas-desafio utilizados no contexto desta investigação, descritos no Capítulo 4, não foram elaborados com a preocupação de que fossem problemas matemáticos, mas sim objetivando a sua resolução formal. A forma como a resolução dos problemas-desafio é encarada é que irá criar uma consciência de ferramenta matemática.

Depois desse olhar sobre a lógica e a programação como ferramentas matemáticas, há a necessidade de olhar para as ferramentas tecnológicas e para o seu contributo para a resolução de problemas. Os computadores podem afetar a forma como as pessoas pensam e aprendem. Podem ser portadores de ideias poderosas e determinar uma mudança cultural, ajudando as pessoas a formar novas relações com o conhecimento. O uso de computadores pode desafiar crenças sobre quem pode entender o quê e em que idade, pode permitir modificar o ambiente de aprendizagem fora das salas de aula. Da mesma maneira que muitas das crianças que mostram aptidão para a matemática adquiriram esta cultura, pelo menos em parte, dos adultos que sabiam ‘falar matemática’, o computador é um portador de cultura e, a partir do momento em que os produtos intelectuais se

enraízam na mente, deixa de ser necessário o apoio tecnológico. Assim, na visão de Seymour Papert, o computador é um objeto para ‘pensar com’, ou seja, a tecnologia deve ser encarada como artefacto de mediação para a aprendizagem.

Para Papert (1981), muitas barreiras culturais impedem as crianças de se apropriarem do conhecimento científico. Relativamente à Matemática, refere que a ‘matematicofobia’, provinda da cultura tanto da Europa quanto dos Estados Unidos, impede que as crianças se apropriem desta ciência. “As consequências desta ‘matematicofobia’ vão muito além de obstruir a aprendizagem da matemática e ciências. Elas interagem com outras ‘toxinas culturais’ endémicas, como, por exemplo, as teorias populares sobre aptidões, para contaminar as imagens que as pessoas fazem de si mesmas enquanto aprendizes. A dificuldade com a matemática escolar é frequentemente o primeiro passo de um processo intelectual invasivo que nos leva a todos a definirmo-nos como pacotes de aptidões e inaptidões, como sendo ‘matemático’ ou ‘não matemático’, ‘artístico’ ou ‘não artístico’, ‘musical’ ou ‘não musical’, ‘profundo’ ou ‘superficial’, ‘inteligente’ ou ‘estúpido’. Assim, a deficiência torna-se identidade e a aprendizagem é transformada de uma livre exploração inicial do mundo pela criança para uma tarefa envolta em inseguranças e restrições autoimpostas” (Papert, 1981, p. 43). Desta forma, um modelo de aprendizagem bem-sucedido deve ser semelhante àquele que leva uma criança a aprender a falar, que é um processo que ocorre sem um ensino deliberado e organizado.

Os princípios e normas para a matemática escolar definidos pelo NCTM (2000) estabelecem seis princípios que constituem os pressupostos considerados essenciais para uma educação matemática de elevada qualidade, estando um destes pressupostos relacionado com as tecnologias, por serem estas ferramentas essenciais para o ensino, a aprendizagem e para fazer matemática, além do facto dos alunos poderem aprender matemática mais profundamente com o uso adequado e responsável da tecnologia. Consideram ainda que a tecnologia é uma ferramenta essencial no ensino e na aprendizagem da matemática, pois contribui para o aumento da produtividade, a comunicação, a investigação, a resolução de problemas e a tomada de decisão (Niess, 2005) e, consequentemente, auxilia os alunos a compreender e a apreciar a matemática.

Jurdak (2004) examinou o papel das ferramentas tecnológicas, mais especificamente dos computadores, como facilitadores na resolução de problemas matemáticos, tendo concluído que a tecnologia pode servir como ponte entre a matemática abstrata e a resolução de problemas da vida real.

Antes disso, a *Mathematical Association of America* já enfatizava a importância da utilização de computadores no ensino (Leitzel, 1991), por poder

auxiliar na visualização de conceitos abstratos e na criação de novos ambientes que se estendem à realidade, ressaltando que a separação entre matemática e a tecnologia pode resultar na limitação da capacidade matemática dos alunos, sendo assim recomendado aos futuros professores de matemática o uso de calculadoras e computadores para a resolução de problemas, a exploração de padrões, o teste de conjecturas, a realização de simulações e a organização e representação de dados.

Desde então, vários estudos têm sido realizados para entender como a tecnologia é usada em ambientes de sala de aula (Becker & Ravitz, 1999; Sheingold & Hadley, 1990), como a tecnologia pode apoiar os alunos (Adiguzel & Akpinar, 2004; Fey, 1989) e como integrar a tecnologia no currículo (Ely, 1990). Alguns desses estudos concluíram que as tecnologias podem auxiliar os professores a ensinar de uma forma diferente, bem como propiciar a proposição de tarefas mais complexas e desafiadoras e a sua resolução pelos alunos.

Baseados em representações de ideias matemáticas, os computadores, enquanto artefactos tecnológicos, são fundamentais para o ensino e a resolução de problemas, permitindo a representação de ideias e a execução procedimentos matemáticos de uma maneira dinâmica, impossível de ser realizada de outra forma. O desenvolvimento da computação gráfica tornou também possíveis novas formas de representação das interpretações matemáticas, permitindo com isto uma melhor adequação das mesmas a determinados propósitos. A capacidade dos computadores de trabalhar com distintas formas de representação do conhecimento, nomeadamente com representações simbólicas, numéricas e gráficas, transformam os mesmos em poderosas ferramentas para a resolução de problemas (Fey, 1989; Kayan, 2007).

Passaram-se mais de 40 anos desde as primeiras investigações acerca da potencialidade dos computadores na educação, quando Papert publicou seu primeiro artigo sobre a linguagem Logo e descreveu como as crianças podiam programar computadores para controlar robots, criar jogos e muitas outras atividades criativas. Naquela época, os computadores eram tão caros, e considerados dispositivos exóticos, que ninguém imaginaria que viriam a se tornar parte do dia-a-dia e pequenos e baratos o suficiente para ocuparem um lugar em cada sala de aula e serem acessíveis a boa parte dos bolsos. No entanto, Papert previu que os computadores acabariam por se tornar acessíveis a todos, até mesmo às crianças, pois defendia que podiam transformar a forma como estas aprendem. Atualmente, milhões de crianças em todo o mundo interagem com a computação numa ampla variedade de formas, incluindo o uso de brinquedos eletrônicos, telemóveis, consolas de jogos, computadores portáteis e *tablets*, sendo tais dispositivos computacionais utilizados em diferentes atividades, como jogos,

conversa com amigos e exploração de mundos virtuais em busca de informações *online* (Resnick, 2012).

Este avanço da tecnologia proporcionou a criação de uma variedade de artefactos tecnológicos e a sua efetiva integração nas escolas criou um novo horizonte na perspectiva da resolução de problemas, permitindo aos estudantes a exploração de conexões entre conceitos e ideias, a análise de problemas através de diferentes perspectivas, a implementação de estratégias e a elaboração de conjecturas a partir da análise dos dados oriundos das diferentes representações efetuadas com recurso às ferramentas tecnológicas (Carreira, 2010; Gamboa, 2007; NCTM, 2007; Santos Trigo, 2008).

O emprego de diferentes ferramentas digitais originou uma mudança nos temas e problemas investigados, além de influir na maneira de desenvolver e compreender as ideias matemáticas (Santos Trigo, 2011).

Segundo Zbiek, Heid, Blume e Dick (2007), as ferramentas computacionais propiciam novas oportunidades de enfatizar o uso de múltiplas representações no ensino da Matemática e desempenham um importante papel nas atividades matemáticas práticas e conceptuais. As ações sobre os objetos ou sobre as suas representações e as distintas maneiras de compreender e resolver problemas complementam-se, uma vez que levam os estudantes a uma atitude investigativa para alcançar os resultados e justificar a sua obtenção, podendo as atividades práticas realizadas com recurso às tecnologias envolver a combinação de ações rotineiras orientadas ou justificadas a partir de raciocínios conceptuais.

Nos últimos anos, a popularização da robótica conduziu à crescente utilização de robots nas atividades práticas. Um número cada vez maior de escolas e de outras organizações educativas tem oferecido oportunidades para que os jovens possam desenvolver seus próprios projetos robóticos com base em robots didáticos de baixo custo controlados por computador. De acordo com Rusk, Resnick, Berg e Pezalla-Granlund (2008), nesse processo de conceção e programação de robots, os alunos aprendem conceitos de Engenharia, de Matemática e de Informática.

No estudo descrito neste trabalho, pode-se observar uma forte conexão entre a Matemática e a Informática. A utilização de artefactos tecnológicos como mediadores na abordagem aos problemas propostos ressalta esta interligação, tornando difícil estabelecer o que pertence a cada um desses domínios.

Capítulo 3

Uma breve revisão sobre o uso de robots como mediadores da aprendizagem

Neste Capítulo, apresenta-se um breve panorama da investigação sobre o uso de robots como mediadores da aprendizagem, tendo em conta o potencial da utilização conjunta da robótica e de outras ferramentas computacionais com fins educativos. Enfatiza-se, inicialmente, o que tem sido feito nesse contexto em espaços virtuais, finalizando-se com uma exposição sucinta de outras possíveis formas de utilização de robots no ensino.

3.1 O uso de robots em comunidades virtuais

O desenvolvimento de ferramentas tecnológicas inovadoras conduz a novas possibilidades de implementação de cenários autênticos de aprendizagem, que podem ser usados na exploração do conhecimento e na resolução de problemas do mundo real (Jonassen, Peck, & Wilson, 1999).

Este é o caso da utilização de robots no ensino, atualmente vista como uma atividade transdisciplinar, por propiciar o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, de comunicação, de trabalho em equipa e promover a independência, a imaginação e a criatividade (Alimisis, 2007), além de contribuir para o reforço da aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento dos alunos, que demonstram uma melhor compreensão quando se expressam através da invenção e da criação (Piaget, 1974).

Sendo a robótica uma das grandes ideias na área da Ciência e Tecnologia e estando os sistemas automatizados presentes em quase todos os setores da atividade humana, como na indústria, na medicina, na área militar e em muitas outras atividades cotidianas (Hacker, de Vries, & Rossouw, 2009), o conhecimento dos conceitos básicos de robótica deveria ser alargado a todos,

de modo a contribuir para o desenvolvimento de habilidades gerais de resolução de problemas de caráter científico e tecnológico (Barak & Zadok, 2009).

Em função disso, diversos educadores defendem a necessidade do ensino da natureza dos conceitos da tecnologia como grandes ideias do pensamento humano (Kipperman, 2009), bem como de uma maior atenção ao uso de robots nos currículos escolares (Slangen, van Keulen, & Gravemeijer, 2011), necessidade esta sentida por muitos estudantes (Shin & Kim, 2007).

Inicialmente, a robótica era somente acessível em ambientes industriais e universitários, neste caso principalmente nos departamentos de engenharia, mas, com a introdução no mercado de *kits* robóticos com preços mais acessíveis, cresceu o interesse de professores e educadores pela exploração da robótica no ensino, devido ao seu grande potencial pedagógico, motivando assim o desenvolvimento da investigação na área da robótica educativa.

O significado educativo da robótica, a metodologia a ser usada para introduzi-la na escola, a formação de professores capazes de implementá-la adequadamente na sala de aula e a forma como os alunos aprendem conceitos de informática ou de matemática com robots, foram alguns dos temas de estudo e investigação abordados a partir de então. A utilização conjunta da robótica e de outras ferramentas computacionais com fins educativos tem sido também objeto de estudo, bem como a sua utilização noutros contextos, incluindo o virtual.

No entanto, embora seja crescente o número de trabalhos científicos sobre a utilização de robots no ensino, é ainda bastante restrito o número de publicações que envolvam a componente virtual, enfatizada no presente estudo, sendo a seguir descritos os principais trabalhos desenvolvidos neste contexto.

Em primeiro lugar, é importante referir o projeto europeu WebLabs, iniciado em 2002, resultante de uma parceria entre a Universidade de Lisboa, o Instituto de Educação da Universidade de Londres, o Real Instituto de Tecnologia da Suécia, o Instituto de Tecnologia Didática da Itália, a Universidade de Chipre e a Universidade de Sofia, na Bulgária. O referido projeto tinha por objetivo investigar a criação de novas formas de representação e expressão do conhecimento matemático e científico, por meio de experiências de modelação em ambiente real e em ambiente virtual, tendo seu desenvolvimento envolvido a constituição de comunidades virtuais de estudantes com idades na faixa dos 10 aos 14 anos (Matos, Alves, Félix, David, & Ramos, 2003; Sendova, Nikolova, Gachev, & Moneva, 2004).

Nesse projeto, por meio de experiências de modelação desenvolvidas com recurso a um sistema de programação visual e a um ambiente baseado na *Web*

adequado à colaboração virtual, os alunos criaram modelos digitais, sob a forma de programas de computador desenvolvidos na linguagem visual utilizada, bem como desenvolveram as correspondentes experiências reais, o que permitiu a exploração e compreensão das relações existentes entre os modelos e a realidade. Em ambiente real, a experimentação com robots LEGO Mindstorms realizada no âmbito do projeto WebLabs permitiu aos alunos o estabelecimento de uma ligação mais concreta com a robótica, tornando com isto mais natural a assimilação de alguns conceitos envolvidos nas atividades desenvolvidas (Matos, 2007; Matos, 2008).

Num contexto distinto, foi criado em 2004, na Universidade de Wichita, nos EUA, um curso-piloto de robótica *online*, baseado no paradigma construtivista da aprendizagem, incluindo participantes de nove países, nomeadamente do Canadá, EUA, Jamaica, Irlanda, Inglaterra, Alemanha, Arábia Saudita, Índia e Singapura (Witherspoon, Reynolds, Alagic, & Copas, 2004), envolvendo os conteúdos do referido curso atividades de colaboração *online* relacionadas com a conceção, construção e programação dos robots da LEGO.

O objetivo desse estudo foi investigar a viabilidade e a sustentabilidade de um ambiente global de aprendizagem *online*, procurando responder a três questões principais: (i) Podem os participantes constituir uma comunidade de prática *online* global e construir a sua própria aprendizagem? (ii) É possível conceber, construir e programar robots de forma colaborativa numa sala de aula *online* de âmbito global? (iii) Pode tal interação contribuir para alargar a perspectiva global e ampliar os conhecimentos dos participantes?

Os autores desse curso-piloto utilizaram servidores de listas de natureza educativa, *bulletin boards* e listas de discussão sobre o ensino de robótica para convidar educadores potencialmente interessados em participar no projeto, tendo sido exigida aos participantes fluência na língua inglesa, experiência na programação de robots, acesso ao *kit* robótico LEGO Mindstorms, além, obviamente, de uma conexão à Internet. Inicialmente, os participantes preencheram um questionário sobre a usabilidade e as suas perceções sobre a plataforma *Blackboard Learning System*TM, utilizada para a gestão de conteúdos e comunicação no âmbito do curso.

Embora ao final das primeiras 36 horas após a divulgação da chamada de colaboradores já existissem 60 interessados de 15 países e, destes, tenham sido selecionados 22, de nove países, apenas nove educadores, de quatro países, acabaram por concluir esse estudo, o que revela as dificuldades inerentes a projetos com tais características, envolvendo a interação *online* de participantes de distintas regiões e diferentes culturas, situação esta igualmente observada no decorrer do projeto DROIDE VIRTUAL.

Ainda assim, o objetivo inicial da construção de um ambiente de aprendizagem *online* global foi atingido e essa experiência contribuiu para a aprendizagem sobre outras culturas e para o aumento da consciência global dos participantes, tendo sido os mesmos capazes de constituir uma comunidade de prática *online* global e de construir a sua própria aprendizagem por meio da conceção, construção e programação de robots (Witherspoon *et al.*, 2004).

Outro estudo com ênfase na robótica educativa foi o projeto europeu TERECoP (*Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*), focado na formação de professores de robótica com base na pedagogia construtivista (Alimisis, Moro, Arlegui, Pina, Frangou, & Papanikolaou, 2007), criado no quadro do programa europeu Socrates/Comenius (*Action 2.1 – Training of School Education Staff*) e desenvolvido no período de 2006 a 2009. Esse projeto contou com a participação de oito instituições de seis países europeus e teve por objetivo apoiar o desenvolvimento profissional dos professores, com foco numa proposta construtivista de ensino-aprendizagem com auxílio de robots (Alimisis, 2009), visando com isto possibilitar a adequada implementação da robótica construtivista na escola.

Aos participantes do curso, professores estagiários e professores em serviço, foi dada a oportunidade de examinar como as tecnologias robóticas podem ser utilizadas na promoção de uma abordagem construtivista da aprendizagem num quadro de trabalho colaborativo e cooperativo, bem como refletir sobre as suas experiências.

Outros objetivos mais específicos compreenderam a seleção e organização de um repertório de ambientes de aprendizagem baseados na robótica capazes de suportar adequadamente as atividades práticas com robots, a produção de um conjunto de exemplos críticos a serem utilizados de uma forma construtivista com professores do Ensino Secundário em tópicos de ciência e tecnologia, o teste e a avaliação da implementação prática das ferramentas selecionadas tanto durante o treinamento quanto em situações reais de sala de aula, bem como a criação de uma comunidade de prática envolvendo educadores e professores, com o fim de facilitar e apoiar o desenvolvimento profissional dos professores na utilização de ferramentas robóticas para apoio à aprendizagem dos alunos por meio da exploração ativa e da construção social de novos conhecimentos.

Outro estudo interessante, envolvendo a integração da robótica num ambiente de realidade mista, ou seja, na transição entre o real e o virtual, foi desenvolvido numa turma de 36 alunos do oitavo ano de uma escola rural de Taiwan (Chang, Lee, Wang, & Chen, 2010), envolvidos na aprendizagem do Inglês como língua estrangeira, sendo o conteúdo da experiência projetado de acordo

com o programa de uma unidade curricular do livro de texto adotado, englobando a metade do vocabulário nela estudado.

Para a referida experiência, foi construída uma plataforma de aprendizagem de realidade mista, denominada RoboStage, com robots projetados na Universidade Central Nacional de Taiwan. Cada robot, controlado remotamente e capaz de se mover, emitir sons e responder de forma autónoma aos comandos dos alunos, atuava como um agente para a resolução de tarefas no referido ambiente de aprendizagem.

O estudo realizado por Chang *et al.* (2010), em resumo, pretendeu explorar os efeitos, na experiência subjetiva dos alunos, da utilização de um robot físico ou de uma construção virtual numa atividade de aprendizagem autêntica, tema este também abordado por outros autores (por exemplo, Wang, Chen, Chang, Chen, & Chen, 2009; Xie, Antle, & Motamedi, 2008), bem como analisar a influência do uso de robots na aprendizagem realizada num ambiente autêntico.

3.2 Outras formas de utilização de robots no ensino

Sendo relativamente escassos os estudos abordando a aprendizagem com robots em ambientes virtuais, são a seguir descritos alguns estudos que, embora sem a componente virtual, também envolveram aspetos tratados neste trabalho, como a aprendizagem da programação e da matemática.

Neste contexto, pode-se destacar, em primeiro lugar, o Concurso Micro-Rato, promovido pela Universidade de Aveiro desde 1995, que privilegia a construção de robots do tipo Micro-Rato, que possuem algumas características particulares que fazem com que o desafio seja aliciante. A construção dos mesmos envolve conhecimentos de áreas como eletrónica digital e analógica, microprocessadores (*software* e *hardware*) e eletrónica de potência, o que torna o concurso atrativo para os estudantes de cursos que envolvam as referidas áreas. A partir de 2001, foi introduzida uma nova modalidade, desenvolvida em ambiente simulado, que consiste numa competição entre agentes robóticos virtuais.

Ainda em Portugal, pode-se também destacar o exemplo do Instituto Superior Técnico, que desde 1998 participa da RoboCup, uma competição internacional entre equipas de robots móveis que tem por objetivo incentivar o estudo e o desenvolvimento das áreas da Robótica e da Inteligência Artificial.

Além disso, o significativo aumento no número de equipas e de participantes do Festival Nacional de Robótica, evento realizado pela primeira vez

em 2001 e que visa promover a Ciência e a Tecnologia junto dos estudantes do Ensino Básico, do Secundário e do Superior por meio de competições robóticas, também evidencia a grande curiosidade que a robótica desperta nos jovens e no público em geral.

A criação de ambientes de aprendizagem motivadores tanto para alunos quanto para professores, distinguida por muitos autores como uma das grandes vantagens da robótica educativa (Johnson, 2003; Ribeiro, Coutinho, & Costa, 2011), aliada à possibilidade de utilização dos robots em diferentes áreas, contribuiu para a promoção da investigação que tem sido desenvolvida sobre as potencialidades e limitações da aplicação da robótica em contexto educativo, sendo o projeto DROIDE um exemplo da investigação feita nessa área.

O projeto DROIDE teve início em 2005, tendo como objetivo compreender de que forma o uso da robótica pode contribuir para a produção de significado e o desenvolvimento da aprendizagem de tópicos e conceitos de Matemática e de Informática, bem como promover, dentro do possível, a articulação entre essas duas áreas do conhecimento.

Inicialmente, o projeto foi implementado em algumas aulas de Matemática e de Informática do 2º e do 3º Ciclos do Ensino Básico e do Ensino Secundário e nas aulas de Inteligência Artificial, Didática da Informática e Didática da Matemática dos cursos de licenciatura em Ensino da Informática e Ensino da Matemática da Universidade da Madeira, tendo sido estendido ao 1º Ciclo do Ensino Básico em 2011.

O projeto, além de apoiar as escolas da Região Autónoma da Madeira, também propiciou formação a diversos professores nas duas áreas envolvidas e estimulou o desenvolvimento de novos trabalhos de investigação, como o conduzido por Gaspar (2007), que propôs um conjunto de problemas a serem resolvidos nas disciplinas de programação do Ensino Secundário com a utilização de robots e desenvolveu uma plataforma para a sua programação nas linguagens Prolog e Pascal, objetivando o seu emprego nas aulas de Inteligência Artificial, no Ensino Superior, e de bases de programação, no Ensino Secundário.

Também é de referir o trabalho desenvolvido por Oliveira (2007), que mostrou resultados favoráveis à utilização de robots como elementos mediadores entre os alunos e a Matemática. O estudo teve por base a introdução de robots no ensino da Matemática, mais concretamente a sua contribuição na produção de significado e no desenvolvimento da aprendizagem de tópicos e conceitos matemáticos por parte dos alunos em contexto de sala de aula.

Algumas questões nortearam essa investigação, nomeadamente: (i) Qual o papel dos robots na resolução de problemas matemáticos envolvendo funções? (ii) Como os alunos aprendem funções utilizando essa ferramenta? (iii) Qual o papel dos robots na representação do conhecimento matemático? (iv) Qual o papel dos robots no desenvolvimento de competências matemáticas nos alunos? Alguns dos resultados desse estudo apontam para o fator motivação, tendo a utilização de robots contribuído para despertar nos alunos o interesse, a curiosidade e o sentido de desafio. Estes mostraram uma clara evolução na adoção de estratégias adequadas à resolução de problemas e à tomada de decisões acerca dos procedimentos a executar e dos resultados a apresentar. Além disto, o uso da robótica na sala de aula contribuiu para o desenvolvimento, nos alunos, da capacidade para a definição de processos de resolução de problemas, a análise dos erros cometidos, o ensaio de estratégias alternativas e a procura de novas soluções.

Do projeto DROIDE, derivou o projeto DROIDE MLP (Figueira, 2008; Pestana, 2008), que teve como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma multilinguagens, de forma a possibilitar a programação dos robots em seis linguagens distintas, bem como o projeto DROIDE VIRTUAL, que resultou no estudo aqui apresentado e que será descrito no próximo Capítulo.

A crença na potencialidade da robótica educativa tem levado ainda ao desenvolvimento de outras interessantes iniciativas, como o curso oferecido pela Pace University em Pleasantville, Nova Iorque, no qual, utilizando uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos, são ensinados conceitos de robótica e de programação de computadores e habilidades de resolução de problemas para estudantes de diferentes áreas, com distintos *backgrounds*, géneros, etnias e culturas (Mosley & Kline, 2008).

No âmbito do referido curso, os estudantes trabalham em equipas, visando desenvolver soluções lógicas e criativas para os problemas a eles propostos, utilizando para tal a tecnologia robótica LEGO Mindstorms.

Objetivando propiciar ainda uma aprendizagem baseada no serviço à comunidade, esses estudantes são induzidos a repassar os conhecimentos adquiridos no curso sobre a tecnologia robótica da LEGO aos alunos e professores das escolas do Ensino Básico da comunidade onde se encontram inseridos, propiciando assim aos alunos desse nível de escolaridade uma divertida e valiosa experiência na área da ciência e da tecnologia.

A investigação realizada por Slangen *et al.* (2011), embora não tratando da aprendizagem da programação ou da matemática, foca-se no que podem os alunos dos 10 aos 12 anos de idade aprender quando trabalham com robots e mostra a

importância desta ferramenta para a aprendizagem. Utilizando robots LEGO Mindstorms NXT como exemplo de um ambiente de manipulação direta, esses autores criaram e conduziram um plano de atividades objetivando permitir aos alunos o desenvolvimento da literacia tecnológica no que respeita à robótica, bem como investigar os padrões de raciocínio desenvolvidos pelos mesmos.

O referido estudo incidiu sobre duas questões: (i) Que perspetivas e conceitos os alunos utilizam para descrever os seus conhecimentos, experiências e perceções sobre a robótica? (ii) Como os alunos compreendem os conceitos de robótica desenvolvidos durante o processo de resolução dos problemas propostos num ambiente de manipulação direta?

Esses autores concluíram que os alunos, frente a um robot, artefacto que opera por meio de princípios por eles inicialmente desconhecidos, são capazes de aprender a utilizar este dispositivo para os seus próprios objetivos, adquirindo assim uma compreensão dos princípios anteriormente ocultos. As atividades práticas desenvolvidas no âmbito desse projeto, que envolveram a conceção, construção, análise, comparação, reconstrução e programação de robots, possibilitaram aos alunos a compreensão do que são robots, para que são usados, como funcionam e o que são capazes de fazer, permitindo assim o incremento das suas competências enquanto utilizadores dessa tecnologia e o desenvolvimento de uma literacia tecnológica funcional (Slangen *et al.*, 2011), capacidade esta que é importante na sua preparação para a vida numa sociedade altamente tecnológica.

Embora um número significativo de estudos efetuados sobre o emprego de robots aponte para a sua utilidade pedagógica e vários autores há muito defendam o valor pedagógico da plataforma LEGO Mindstorms, em particular para a aprendizagem da programação (Wong, 2001), por ser esta versátil, aberta e relativamente fácil de programar, além de ser o robot da LEGO um dispositivo de baixo custo quando comparado com outras opções (ver, por exemplo, a contribuição de Frank Klassner em McNally, Goldweber, Fagin e Klassner, 2006), algumas perspetivas, nomeadamente em relação à sua utilização no ensino de linguagens de programação e algoritmia, não se mostram muito entusiasmantes.

Este é o caso, por exemplo, das conclusões apresentadas por Cliburn (2006) com base na sua experiência na utilização de robots LEGO Mindstorms como suporte à aprendizagem da programação em disciplinas de diferentes níveis na área da Informática e dos pontos de vista de Michael Goldweber e de Barry Fagin expostos em McNally *et al.* (2006), estando tais desvantagens pedagógicas relacionadas principalmente com a capacidade limitada dos robots da LEGO para a exploração de conceitos relacionados com a programação orientada a objetos, como a noção de polimorfismo, que envolve a capacidade de uma mesma instrução

de um programa poder executar métodos distintos em função dos objetos em causa (Mendes & Marcelino, 2012).

Capítulo 4

Metodologia de investigação

Neste Capítulo, apresenta-se a opção metodológica adotada neste estudo, iniciando-se com uma descrição da metodologia da investigação qualitativa. Faz-se, a seguir, uma apresentação do estudo, relatando o contexto em que este ocorreu, a sua duração e como foi desenvolvido, relacionando-o, sempre que possível, com o enquadramento teórico subjacente, de modo a fundamentar a opção metodológica escolhida. São ainda explicitados, neste Capítulo, os procedimentos adotados para a recolha e análise dos dados.

4.1 Definição do problema e opção metodológica

Tanto o contexto científico quanto o contexto social e histórico têm influência na definição das questões de investigação. Assim, a elaboração destas questões não depende unicamente dos interesses do investigador, mas também advém da influência exercida por estes contextos sobre o mesmo (Flick, 2005). Desde a fase inicial da elaboração do plano de investigação, a reflexão sobre as questões de investigação e a sua reformulação servem de referência para a avaliação da correção das decisões tomadas, sendo a formulação dessas questões delimitada por uma área de interesse específica. Por sua vez, a estruturação e a delimitação do problema de investigação decorrem do conhecimento sobre as teorias e os resultados empíricos da área sobre a qual incide a investigação.

Para Bogdan e Biklen (1994), a expressão investigação qualitativa compreende diferentes estratégias de investigação que apresentam algumas características em comum, nomeadamente: (i) o ambiente natural constitui a fonte dos dados e o investigador é o principal instrumento para a sua recolha; (ii) os dados coletados são predominantemente de natureza descritiva; (iii) a preocupação com o processo é muito maior do que com os resultados ou com o produto; (iv) o significado é de importância vital, havendo a preocupação em retratar a perspectiva dos participantes.

Para esses autores, o termo 'dados' refere-se ao material ainda em bruto recolhido pelos investigadores do universo em estudo. Aquilo que, para alguns, pode parecer um acontecimento vulgar, aos olhos do investigador torna-se dados.

O objetivo de uma investigação qualitativa não é responder a questões prévias ou testar hipóteses, embora seja possível formular questões específicas à medida que os dados são recolhidos. No início da investigação, existem questões ou focos de interesse muito amplos, que se tornam mais específicos e diretos à medida que o estudo se desenvolve. Na presente investigação, o fenómeno em estudo foi a aprendizagem de conceitos matemáticos e de Informática, mediada por robots, particularmente em ambientes virtuais.

Tanto quanto qualquer outro procedimento da vida, o ato de investigar exige a tomada de decisões em função do que é preciso realizar, como, por exemplo, a que se destina a investigação, que material é preciso para a sua consecução ou como proceder à recolha de dados.

Dillon e Wals (2006) afirmam que dificilmente se consegue ter o controlo sobre todos os fatores envolvidos na realização de um trabalho e alertam para os perigos dos métodos imprecisos e das metodologias e ideologias utilizadas na investigação em Educação. Para clarificar, esses autores começam por fazer uma distinção entre método e metodologia. Os métodos incluem as ferramentas e instrumentos utilizados na geração ou recolha de dados (por exemplo, questionários, entrevistas gravadas em áudio ou em vídeo, textos de salas de *chat*) e na sua análise (envolvendo, por exemplo, contagem de frequências, codificação temática, inferências), ou seja, engloba todos os processos utilizados para atingir um determinado fim. Quanto às considerações metodológicas, estas envolvem o exame de posicionamentos e tensões nas ontologias, epistemologias e axiologias da investigação.

A ontologia trata da natureza da realidade, isto é, com **o quê** se está a lidar. Por exemplo, está-se a investigar o conhecimento, as atitudes e as palavras empregues pelas pessoas.

Por sua vez, a epistemologia olha para a natureza do conhecimento. Sendo assim, as ações são dirigidas no sentido daquilo que se julga conhecido, ou seja, terão implicações no **como** as coisas são feitas e na forma como a investigação está explicitada nos objetivos, seja por meio da formulação de proposições teóricas, hipóteses ou questões de investigação. Por exemplo, se houver o entendimento de que o conhecimento pode ser quantificado, deve-se utilizar um método científico quantitativo. Se, pelo contrário, acredita-se que não se pode quantificar o conhecimento, mas sim analisar uma determinada prática social, então a escolha recairá sobre um método qualitativo. Todas essas considerações dependem, por

um lado, “do nível de abertura que o investigador pretende conceder às suas conjecturas iniciais e, por outro lado, do nível de conhecimento que tem sobre o contexto teórico e empírico em termos de investigação ou experiência anterior” (Matos & Santos, 2008).

Finalmente, a axiologia refere-se a considerações éticas e aos pontos de vista filosóficos do investigador (isto é, ao **porquê**), tais como ter uma postura positivista, adotar epistemologias feministas ou envolver os participantes como investigadores.

De acordo com Hart (2000), a mistura de metodologias, ainda que involuntária, pode ser um indicador de uma pobre compreensão do que a investigação implica, embora outros autores, como Johnson e Onwuegbuzie (2004), defendam a utilização de métodos de investigação mistos. Segundo Soltis (1984), é importante ter a mente aberta e considerar o possível contributo de um amplo espectro de metodologias ou, pelo menos, não as descartar sumariamente. No entanto, Johnson e Onwuegbuzie (2004) argumentam que os investigadores têm de resistir à tentação de serem atraídos para uma mistura de metodologias, embora isto às vezes possa parecer pragmaticamente útil ou conveniente. Seja qual for a metodologia escolhida, os investigadores precisam ter em conta as implicações ontológicas, epistemológicas e axiológicas da abordagem adotada.

Hart (2000) refere ainda que as bases paradigmáticas e ideológicas da investigação exigem uma explicação e reflexão crítica, uma vez que têm influência na escolha das metodologias a adotar e na possibilidade da sua utilização conjunta. Segundo esse autor, os tipos de questões que são feitas, o propósito das mesmas, a forma como são elaboradas, a quem são formuladas (e quem é explicitamente excluído), a maneira como as respostas são valorizadas, como é o relacionamento com aqueles que participam do estudo e quem será com ele beneficiado, são dependentes da visão que se tem do mundo.

A atividade humana é essencialmente uma experiência social, onde cada indivíduo atribui constantemente significados. Numa investigação onde se pretende reconstruir as experiências vividas, deve-se utilizar os métodos que delas mais se aproximam. Por exemplo, no presente estudo, tendo em conta o problema de investigação e o campo teórico adotado, não faria sentido utilizar inquéritos para obter elementos para a análise das relações entre os participantes. Como o problema incide sobre a aprendizagem da Matemática e da Informática, num contexto virtual, sob um ponto de vista social, a opção por uma investigação de natureza qualitativa torna-se a mais adequada.

Assim, neste estudo, a metodologia de investigação adotada foi de natureza qualitativa e interpretativa, utilizando-se como método de recolha de dados a abordagem da observação participante.

A abordagem interpretativa é uma das bases teóricas que tem como objetivo compreender, sob o ponto de vista dos participantes, os acontecimentos e as interações observadas, preocupando-se mais com o estudo dos processos do que com os seus produtos (Ponte, 2006). O trabalho do investigador interpretativo é aprender a traduzir os sistemas de símbolos que são significativos para um dado grupo, de modo a que sejam compreensíveis para os demais (Eisenhart, 2006).

Na opinião de Erickson (1986), uma investigação interpretativa inclui um conjunto de abordagens que inclui a etnografia, a observação participante, o estudo de caso, a fenomenologia e o interacionismo simbólico.

A observação participante é um dos métodos de recolha de dados que mais envolvem o investigador enquanto pessoa, por forçá-lo a sair do seu contexto habitual e previsível para um totalmente novo e imprevisível e, por isto mesmo, mais intimidante. Observa ainda o referido autor que não existe observação participante sem um indivíduo participante. O investigador analisa a realidade social que o rodeia, tentando captar as ideias, as motivações, os sentimentos, os conflitos e as tensões, objetivando com isso compreender a evolução do comportamento das pessoas e dos grupos. Portanto, é necessário saber escutar, observar, perceber quando perguntar e quando não é conveniente fazer perguntas (Cabral, 1983).

As informações resultantes da observação participante dependem das relações desenvolvidas pelo investigador com o grupo em estudo, sendo necessária uma autoanálise a ser incluída na própria história da investigação.

De acordo com Cabral (1983), a maioria dos investigadores prefere idealizar o trabalho de campo e esquecer as dificuldades, as hesitações e as dúvidas que os afligem. No entanto, esta não foi a postura adotada nesta investigação, sendo aqui mantida uma visão idêntica à de Whyte (2005), que refere que um investigador aprende com os erros e deve deles tirar proveito para refletir, uma vez que os mesmos fazem parte da aprendizagem inerente à própria investigação.

Adler e Adler (1987) consideram três tipos de observação participante, conforme o grau de implicação do observador no grupo:

- **observação participante periférica**, quando o observador tem um papel de membro periférico, pois mantém um grau limitado de

implicação no grupo, suficiente para que possa compreender a atividade, mas não para nela ser admitido;

- **observação participante ativa**, quando o observador tem um estatuto que lhe permite participar em todas as atividades, mas delas mantém uma certa distância;
- **observação participante plena ou completa**, quando o observador tem uma participação integral na cultura que é o seu objeto de estudo, sendo a sua identidade e os seus propósitos desconhecidos pelos sujeitos que estão a ser observados, com destacado por Minayo (1994).

Haguet (1995) refere como limitações da observação participante o facto de ser o método de coleta de dados menos estruturado utilizado nas Ciências Sociais, uma vez que não possui nenhum instrumento específico capaz de direccionar a investigação, embora caiba aqui referir que uma observação apoiada nesse tipo de instrumentos também não assegura automaticamente o desvelar da realidade, pois não dispensa aceções e visões do mundo. Segundo o mesmo autor, outra limitação está na capacidade de percepção do observador, a qual pode ser alterada em decorrência do seu envolvimento no meio.

4.2 Recolha de dados

Numa investigação qualitativa, o papel do investigador tem especial relevância por ser o 'instrumento' da recolha de dados e do conhecimento, não podendo este adotar um papel de neutralidade em relação às pessoas que pretende observar (Flick, 2005).

Os contextos de ensino e aprendizagem são atualmente mais complexos, devido à variedade de espaços físicos e virtuais que permitem aprender de forma mais autónoma, com flexibilidade de ritmo e de horário, acesso sem fronteiras à informação e participação em diferentes comunidades, sem as barreiras impostas pela língua. Olhar para este novo contexto e observar como se caracteriza a participação e que aprendizagens dela emergem, tendo os robots como mediadores, possibilita uma perspetiva diferente daquela que é habitual no contexto escolar. Além disso, a prática da resolução de problemas com recurso à utilização de robots, passível de ser estabelecida nesses novos contextos, pode ajudar à compreensão de certos aspetos que dificilmente seria possível numa sala de aula.

Nesta investigação, a observação participante foi uma estratégia central e adquiriu o estatuto de método de recolha de informação, sendo aqui o desafio

o de manter uma participação genuína e ser capaz de sobre ela refletir. A participação representou também uma aprendizagem, por ter sido esta a primeira vez que a autora deste estudo participou numa recolha de dados desta natureza, isto é, em ambiente virtual, aspeto este que foi tornado explícito aos restantes membros do projeto.

No entanto, assumiu-se que a investigadora não seria um membro pleno da comunidade — no sentido de não estar a resolver os problemas juntamente com os jovens envolvidos e com os seus tutores — mas sim adotaria o papel de *technology steward* (Wenger *et al.*, 2009), ficando responsável pela gestão da infraestrutura tecnológica da comunidade. Matos e Santos (2008) referem que, “de um ponto de vista situado, a relação com as pessoas que se incluem ou que se relacionam com o objeto em estudo é sempre uma relação de participação, mesmo na situação em que o investigador voluntariamente define o seu grau de participação como reduzido”.

O grau de participação necessário para uma adequada observação, bem como os limites dessa participação em função do distanciamento científico exigido, foram questões que muito preocuparam a investigadora. Segundo a classificação de Adler e Adler (1987), a observação participante realizada no âmbito deste estudo poderia ser classificada como ativa, uma vez que a investigadora, embora sempre presente nas reuniões virtuais, procurou manter um certo distanciamento, tendo havido momentos em que essa distância foi necessária para poder manter a atenção no que estava a acontecer, embora tenham também existido situações em que houve uma maior proximidade, por ser a prática de determinados grupos muito mais envolvente. Na verdade, é difícil manter uma total isenção, separando a pessoa que se é do investigador que se pretende ser, pois existe uma história de vida que define cada ser humano, sendo, portanto, impossível pretender que o investigador seja um mero gravador de voz ou máquina de filmar a registar dados.

4.3 Análise de dados

Os dados recolhidos e aqui analisados emergiram da própria prática, ou seja, da participação nas 96 reuniões virtuais realizadas no âmbito do projeto, perfazendo aproximadamente 192 horas de interação, que resultaram em 1.535 páginas de documentos textuais, tendo sido também analisadas cerca de 26 horas de gravações em vídeo de algumas das reuniões virtuais e do encontro presencial final, bem como imagens e animações no Adobe Flash produzidas pelos participantes e disponibilizadas SkyDrive, serviço de armazenamento e partilha de dados da Microsoft.

Na maioria dos casos, nesta investigação, o texto proveniente da gravação dos diálogos foi tanto resultado da coleta de dados quanto instrumento para a sua interpretação. A escolha dos dados a serem integrados na análise é um ponto importante, que traduz a visão, parcial ou não, do investigador sobre aquilo que pretende estudar, sendo a relevância dos factos observados decorrente da sua seleção e interpretação, como destaca Schültz (1962), referido em Flick (2005).

Por sua vez, as teorias são perspectivas através das quais a realidade é vista, norteando a interpretação que se faz dos dados. Assim, a análise dos dados serviu para pensar sobre a teoria e compreender o fenómeno em estudo, nomeadamente a aprendizagem em ambientes virtuais.

Assumir como enquadramento teórico a teoria da aprendizagem situada (Lave & Wenger, 1991) implica adotar também um determinado posicionamento em termos metodológicos, nomeadamente assumir que “investigar é participar na constelação de práticas em que decorre a investigação” (Matos & Santos, 2008) e que a natureza dos dados a serem recolhidos deve contemplar os elementos essenciais das práticas em que o fenómeno em estudo se encaixa, tais como os artefactos, a forma como são utilizados, a maneira de falar e a maneira de atuar. Segundo Matos e Santos (2008), para poder aceder a esse tipo de dados, é necessário participar nas práticas em estudo e registar sistematicamente essas observações.

Ao mesmo tempo em que decorreu a recolha de dados, a teoria foi também compreendida, servindo determinadas circunstâncias para clarificar aspetos da teoria e vice-versa. Por vezes, uma determinada situação serviu para despertar o entendimento do que havia sido lido e, por outras, a busca por interpretar o que ocorrera numa determinada reunião fez com que houvesse necessidade de um maior aprofundamento num determinado aspeto da teoria, de modo a dar sentido ao que havia sido observado.

No registo dos dados, o estilo pessoal de anotação da investigadora e o grau de exatidão com que tais registos foram executados fizeram com que a transcrição da realidade observada estivesse sujeita a estruturas e a limitações de natureza técnica e textual, que levaram a uma forma específica de compreensão do que foi registado, como destacado por Flick (2005).

Neste estudo, além do registo sistemático dos dados antes referidos, optou-se também por fazer, ao final de cada reunião, um resumo do que havia nela ocorrido, tendo sido tais sínteses importantes na revisão de uma determinada reunião e também para a seleção dos episódios aqui analisados. Spradley (1980, referido em Flick, 2005, p. 173) sugere que as notas de campo devem ser feitas imediatamente após o contato com o terreno.

Todo este processo resultou na reformulação do problema de investigação inicial, que foi sendo moldado pela interlocução entre a parte teórica e a parte experimental no decurso da investigação.

4.4 Etapas da implementação do projeto DROIDE VIRTUAL

4.4.1 Planeamento do projeto

O projeto DROIDE VIRTUAL começou a ser elaborado em outubro de 2006, tendo sido então definidos os principais objetivos e a estrutura do mesmo. De início, pensou-se em parceiros da Argentina e do Brasil, mas, ao reavaliar-se a proposta inicial para o projeto, as dificuldades decorrentes da acentuada diferença de fuso horário, os custos para o envio de material e o tempo que isto implicaria, levaram a que se optasse por restringir a abrangência geográfica aos arquipélagos lusófonos do Atlântico que constituem a região da Macaronésia, nomeadamente Açores, Madeira e Cabo Verde.

O primeiro contato com Cabo Verde foi feito em março de 2007 e, em maio do mesmo ano, já existiam parceiros dos Açores. No entanto, a falta de resposta dos potenciais parceiros de Cabo Verde levou a uma nova mudança de planos, optando-se, então, por buscar possíveis parceiros em Portugal Continental.

Assim, em julho de 2007, foi feito o primeiro contato com uma instituição escolar de Vila Nova de Gaia e, no final de outubro do mesmo ano, os grupos da Madeira, dos Açores e de Vila Nova de Gaia já estavam constituídos. No mês seguinte, foram enviados para as escolas os ofícios objetivando formalizar as parcerias, bem como os robots e o *software* da LEGO necessário para a sua programação.

Em fevereiro de 2008, todos os alunos já haviam feito a sua inscrição na plataforma a ser utilizada para a gestão dos recursos. Disponibilizou-se, então, a primeira atividade, denominada Zero, que teve como objetivo o treinamento na utilização das ferramentas e, ao mesmo tempo, possibilitar o estabelecimento de relações entre os integrantes do projeto. Como em março de 2008 a versão preliminar da plataforma multilinguagem para a programação dos robots já estava pronta, cópias da mesma foram enviadas para as escolas participantes, sendo então marcada a primeira reunião virtual no âmbito do projeto.

De cada uma das regiões, participaram um tutor e três estudantes do Ensino Secundário. A ideia inicial era a de que cada tutor ficasse responsável pelo seu

grupo local. Porém, após uma reunião com a presença dos tutores da Madeira e dos Açores, decidiu-se que, além da gestão do grupo local, ficariam os tutores também responsáveis pelos grupos virtuais a serem definidos. Assim, foram criados três grupos virtuais distintos, denominados DROIDE VIRTUAL 1, 2 e 3, sendo estes grupos virtuais, a seguir identificados como Dv1, Dv2 e Dv3, formados por um aluno de cada região e um tutor, de forma a que os componentes de cada grupo interagissem virtualmente e, sempre que necessário, buscassem o apoio do tutor, que desempenhava no grupo o papel de *old-timer*.

Cada participante do projeto recebeu um *kit* robótico LEGO Mindstorms NXT, uma cópia da plataforma de programação multilinguagens DROIDE MLP, desenvolvida no âmbito do projeto DROIDE (Figueira, 2008; Pestana, 2008), oito problemas-desafio e um tabuleiro — base em papel para o desenvolvimento das atividades propostas —, descrito no item 4.4.1.3.

Os requisitos e restrições de contexto presentes nos problemas-desafio propostos, o tabuleiro utilizado, a plataforma de programação MLP, os robots e as regras de participação estabelecidas, foram, juntamente com os tutores, elementos importantes para a organização da prática no contexto do projeto, pois, de acordo com Wenger (1998), a aprendizagem não pode ser planeada, ocorrendo com planeamento ou sem ele, pois aprender é próprio da natureza humana, sendo, no entanto, sempre possível assegurar que alguns artefactos estejam disponíveis, de modo a que os participantes tenham acesso aos recursos necessários para aprender o que necessitam e para que, ao seu redor, possam ser desenvolvidas novas experiências, novos significados e novos compromissos.

4.4.1.1 Requisitos e restrições de contexto na proposição dos problemas-desafio

Sendo necessário um conjunto de atividades e resultados associados para a execução do projeto, definiu-se, na proposição dos problemas-desafio, a funcionalidade da sequência de instruções a serem seguidas e as restrições quanto à sua operação, a seguir descritas:

- o tabuleiro utilizado para delimitar os espaços deveria ser único;
- o robot desenvolvido deveria ser construído com o *kit* básico da LEGO, de modo a que as condições fossem iguais para todos;
- as propostas da LEGO não poderiam servir como modelo básico para o robot, forçando-se assim a criação de um robot específico, adequado à resolução dos problemas-desafio propostos;

- um único robot deveria ser capaz de permitir a resolução de todos os problemas-desafio, de forma a que o trabalho fosse desenvolvido em grupo e não subdividido entre os seus integrantes;
- para cada problema-desafio, deveria ser criado e transferido para o robot um programa específico, de modo a contornar as suas restrições de memória;
- a resolução dos problemas-desafio deveria fazer parte de uma competição, objetivando promover um maior engajamento dos participantes;
- cada problema-desafio deveria ter um sistema de pontuação, de modo a que os participantes fossem incentivados a resolver todos os desafios;
- os problemas-desafio deveriam estar classificados em diferentes graus de dificuldade;
- os enunciados dos problemas-desafio deveriam ser simples, não ambíguos, de forma a não permitir distintas interpretações;
- os problemas-desafio deveriam ter solução única, porém diferentes formas de resolução;
- as soluções não poderiam ser subjetivas, de modo a tornar possível a verificação das soluções obtidas por meio do robot construído;
- um dos problemas-desafio teria de ser de natureza mecânica, objetivando forçar o robot a movimentar algum objeto;
- os conteúdos envolvidos deveriam ficar circunscritos àqueles abordados nas disciplinas de Matemática e de Informática do Ensino Secundário.

4.4.1.2 Problemas-desafio

Foram propostos aos grupos virtuais oito problemas-desafio, descritos a seguir, a serem resolvidos sobre o tabuleiro apresentado no item a seguir, sendo ainda indicado o material necessário e a pontuação atribuída à sua resolução.

Problema-desafio nº 1

Determinar quais são os quadrados que estão bem colocados no tabuleiro, considerando que um quadrado pequeno bem colocado é aquele que está sobre um quadrado grande da mesma cor.

Observar que tanto as posições dos quadrados grandes no tabuleiro quanto a posição dos quadrados pequenos sobre o mesmo devem ser aleatórias. Além disto, um quadrado pequeno sobre um quadrado grande de cor diferente é considerado mal colocado.

Pontuação: 12 pontos.

Material necessário: Tabuleiro 4×4; quadrados grandes (azul, preto, laranja, vermelho); quadrados pequenos (azul, preto, laranja, vermelho).

Problema-desafio nº 2

Escolher três lados do quadrado e marcar um ponto sobre cada um deles. Calcular a área do triângulo formado pelos três pontos.

Pontuação: 17 pontos.

Nota: Será descontado um ponto por cada 10 cm² de erro.

Problema-desafio nº 3

Considerar a distância entre o ponto de partida e os 10 cm que antecedem a parede. Num único movimento, percorrer esse trajeto.

Pontuação: 10 pontos.

Material necessário: Parede.

Notas: 1. Por cada centímetro de erro serão descontados dois pontos.

2. O valor mínimo obtido é zero.

Problema-desafio nº 4

Avançar sobre a linha vermelha, desviando-se o mínimo possível, sem utilizar o sensor de luz.

Pontuação: 10 pontos.

Nota: Será descontado um ponto por cada dois milímetros de desvio da linha.

Problema-desafio nº 5

Trocar os cubos de lugar, considerando que um cubo bem colocado é aquele que se encontra com mais da metade da sua face sobre o quadrado negro do tabuleiro.

Pontuação: 14 pontos.

Material necessário: Dois cubos de cores diferentes.

Problema-desafio nº 6

Reconhecer a ordem das peças e propor uma sequência de trocas duas a duas para as ordenar.

Observar que as peças são numeradas de 1 a 5 conforme a altura dos blocos e que as trocas deverão ser feitas manualmente.

Pontuação: 15 pontos.

Material necessário: Peças LEGO.

Nota: Serão atribuídos 10 pontos ao reconhecimento correto das peças e cinco pontos à proposta de trocas.

Problema-desafio nº 7

Distribuir, de forma aleatória, quadrados vermelhos e azuis (alguns ou todos) pelo caminho. Percorrer o caminho e, ao final do percurso, contar o número de quadrados vermelhos e o número de quadrados azuis.

Pontuação: 10 pontos.

Material necessário: Seis quadrados vermelhos; seis quadrados azuis.

Nota: Serão atribuídos cinco pontos por cada contagem correta.

Problema-desafio nº 8

Reconhecer as figuras.

Pontuação: 12 pontos.

Material necessário: Figuras geométricas.

Nota: Serão atribuídos três pontos por cada figura corretamente identificada.

4.4.1.3 Tabuleiro

Os oito problemas-desafio anteriormente descritos deveriam ser executados sobre uma base de papel, com dimensões de 100 cm × 80 cm, elaborada especificamente para o desenvolvimento das atividades propostas, reproduzida na escala aproximada de 1:10 na Figura A.1, no Anexo A.

4.4.1.4 Robots

A escolha do *kit* LEGO Mindstorms NXT, um dos dispositivos robóticos de baixo custo mais populares e sobre o qual existe uma literatura abundante, deveu-se ao facto do mesmo ter sido utilizado no projeto DROIDE e, portanto, já existir um número razoável de robots disponível no laboratório, permitindo dar logo início ao novo projeto.

O referido *kit* robótico permite a criação e programação de robots capazes de medir distâncias e reagir a movimentos, ruídos, luzes e cores, tendo sido desenvolvido para dar apoio à Educação Tecnológica, sendo usualmente utilizado na construção de objetos programáveis por jovens com idade superior a dez anos, tipicamente do 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico (Fernandes, Fermé, & Oliveira, 2006; Oliveira, Fernandes, & Fermé, 2007), do Ensino Secundário (Karp, Gale,

Lowe, Medina, & Beutlich, 2010; Nataraj, Reddy, Woods, Samanta, & Nataraj, 2010; Santos, Fermé, & Fernandes, 2007b) e mesmo do Ensino Superior (Fermé & Fernandes, 2007; Fermé & Gaspar, 2007; Grega & Pilat, 2008).

4.4.1.5 A escolha dos problemas-desafio

Ao elaborar os problemas-desafio, teve-se o cuidado de que os mesmos forçassem os participantes a trabalhar cooperativamente na busca de uma solução comum, evitando assim que cada um ficasse encarregue apenas de uma parte da resolução do problema e pudesse trabalhar de forma isolada.

A restrição da construção de um único robot capaz de permitir a resolução de todos os problemas-desafio propostos foi determinante para estimular o trabalho cooperativo, já que a sua construção influenciou no resultado final obtido para cada um deles.

Da mesma maneira, a utilização dos diferentes sensores reforçou o efeito dessa restrição, uma vez que, para um determinado desafio, poderia ser interessante posicionar o sensor mais à frente (ou mais atrás) do robot, mas para outros tal situação poderia não ser a ideal.

Portanto, embora tivessem existido situações em que alguns dos elementos do grupo tentaram resolver sozinhos um dado problema-desafio, apropriando-se do mesmo, acabaram por constatar, aquando da tentativa de executar o programa assim desenvolvido, com o robot sobre o tabuleiro, também este único, que o mesmo não funcionava para todos os desafios, obrigando assim à desistência desta abordagem individualista e, conseqüentemente, conduzindo a muitos momentos de negociação.

Tal situação verificou-se claramente no caso do grupo virtual Dv1, quando um dos elementos rapidamente programou sozinho uma aparente solução para três dos problemas-desafio, que, no entanto, em decorrência das restrições impostas, não funcionou adequadamente, acabando assim por necessitar da cooperação de todos para efetivamente ser alcançado o resultado pretendido.

Ao disponibilizar os problemas-desafio, procurou-se intercalar os mais simples com os mais trabalhosos, de modo a que a escolha daquele pelo qual deveriam começar decorresse da negociação entre os elementos do grupo.

Em alguns grupos, a decisão inicial foi, simplesmente, a de tentar resolver os problemas-desafio na mesma ordem em que estes foram propostos. No entanto, devido às dificuldades com que se defrontaram logo ao tentar resolver o primeiro, optaram por alterar a sequência inicialmente definida para a resolução dos problemas, escolhendo para serem resolvidos em primeiro lugar outros problemas

considerados mais simples. Esta situação, em algum sentido, serve para mostrar como, muitas vezes, os resultados dos processos de avaliação dos alunos podem ser influenciados simplesmente pela ordem com que são apresentados os exercícios numa prática ou são enunciadas as questões num teste ou exame.

No problema-desafio nº 1, o robot deveria ‘reconhecer’ como bem colocado todo o quadrado pequeno que estivesse posicionado sobre um grande da mesma cor. Este desafio envolveu várias questões: (i) o problema da decidibilidade ou semi-decidibilidade (Hopcroft *et al.*, 2002), que envolve a demonstração de que uma propriedade é falsa, mas não que é verdadeira (sendo o objetivo que esta ideia fosse assimilada de forma intuitiva, não se pretendendo uma formalização lógica), podendo-se, neste caso, com recurso ao sensor de luz do robot, mostrar que há um quadrado de cor diferente, porém não um da mesma cor; (ii) a utilização de silogismos para raciocinar, em particular a negação do consequente ou *modus tollens*: se o quadrado pequeno está mal colocado, então o robot deteta; o robot não deteta, logo não está mal colocado; (iii) a negação por contraexemplo, que envolve assumir que todos estão bem colocados e encontrar os que não estão.

Certamente que, em todos esses casos, a solução é possível, pois o número de quadrados pequenos é previamente conhecido. Se os dados do problema não incluíssem o número de quadrados pequenos, indicando que este varia entre um e quatro, já não seria possível encontrar uma solução para o problema.

No problema-desafio nº 2, pedia-se para que fosse calculada a área de um triângulo, conhecidos os seus vértices, definidos por três pontos específicos. Cada um dos pontos deveria ser colocado sobre um dos lados de um quadrado, não podendo nenhum ponto coincidir com um dos vértices do quadrado, nem estarem dois deles sobre um mesmo lado. Neste desafio, estava claro o conteúdo matemático subjacente, procurando-se, neste caso, investigar os diferentes caminhos para a sua resolução.

O problema-desafio nº 3 pedia que fosse percorrido, num único movimento, um determinado trajeto, de modo a que o robot parasse exatamente a 10 cm de uma parede. Embora pareça muito simples, este desafio tinha por objetivo mostrar a diferença entre a matemática exata dos livros e a matemática aproximada do mundo real (Fernandes, Fermé, & Oliveira, 2006), que envolve a noção de erro. Tais erros, provocados por elementos externos, como, por exemplo, a inércia do robot e o atrito com o papel do tabuleiro, levam a desvios em relação à trajetória e à posição prevista para o robot.

No problema-desafio nº 4, pretendia-se que o robot avançasse sobre uma linha reta, desenhada no tabuleiro, não sendo permitida a utilização do sensor de luz, obrigando assim a que fosse utilizada a proporcionalidade direta para chegar

ao resultado. O comprimento da linha vermelha era conhecido e, determinado o perímetro da roda, podia-se facilmente chegar ao resultado depois de determinado o número de voltas necessárias para percorrer a linha. Outro caminho possível para percorrer esse trajeto seria em função do tempo transcorrido, porém, como cada participante possuía o seu robot, esta não era uma solução adequada, já que dependia da carga das baterias e o desempenho não seria o mesmo se a bateria do robot de um deles estivesse mais carregada do que a bateria do robot dos outros, devendo todas estas condicionantes ser negociadas pelos intervenientes.

O problema-desafio nº 5 exigia que dois cubos de cores diferentes fossem trocados de lugar. Aqui, a visualização do cubo induzia a uma solução no espaço e à aparente necessidade de o robot possuir uma ‘garra’, de modo a poder movimentar os cubos. No entanto, a solução poderia ser obtida no plano, simplesmente empurrando os blocos numa série de movimentos.

No problema-desafio nº 6, pretendia-se obter a ordenação de cinco peças de alturas diferentes, devendo o robot efetuar uma sequência de trocas duas a duas para as ordenar. Na Informática, os algoritmos de ordenação são dos mais utilizados, uma vez que a ação de colocar objetos em ordem está presente na maioria das aplicações em que é necessário recuperar e pesquisar dados ou objetos armazenados (Ziviani, 2007).

Além disso, desde muito cedo, no início da vida escolar, procura-se desenvolver nos educandos o raciocínio lógico-matemático e introduzir conceitos essenciais à iniciação matemática, como, por exemplo, identificar padrões, completar sequências de números, contar e ordenar, sendo frequente, ao longo da vida, a necessidade de consulta a dados ordenados.

Embora os oito problemas-desafio propostos fossem independentes, procurou-se propor alguns problemas cuja resolução pudesse levar à utilização de etapas intermédias da resolução de outros problemas, de forma a que os intervenientes fossem levados a assimilar a ideia de que um problema de maior complexidade pode, muitas vezes, ser decomposto em subproblemas mais simples.

Foi este o caso do problema-desafio nº 7, no qual seis quadrados azuis e seis vermelhos deveriam ser distribuídos (alguns ou todos) de forma aleatória ao longo do caminho traçado no tabuleiro, devendo o robot percorrer o caminho e, ao final do percurso, contar o número de quadrados vermelhos e azuis. Este problema-desafio poderia ser decomposto num percurso e numa seleção de cor, que remetiam, respetivamente, aos problemas-desafio nº 4 e nº 1, previamente resolvidos, acabando assim por ser mínimo o seu grau de dificuldade, restando apenas por resolver o problema da contagem.

A maior dificuldade encontrada no problema-desafio nº 7 deveu-se às diferentes condições de luminosidade existentes nas moradas dos participantes, que influenciavam no reconhecimento das cores, sendo a solução encontrada a de ser sempre o mesmo elemento do grupo a testar a eficácia do programa desenvolvido.

Finalmente, o problema-desafio nº 8, envolvia a colocação de três figuras geométricas, nomeadamente um círculo, um triângulo equilátero e um quadrado, sobre o quadrado maior do tabuleiro, devendo essas ser reconhecidas pelo robot. Neste caso, ficava novamente claro o conteúdo matemático subjacente ao problema proposto, pretendendo-se aqui verificar a participação dos intervenientes nos processos de negociação.

4.4.1.6 Plataforma de programação

A utilização da programação para a resolução dos problemas propostos levou à necessidade de dispor de alguma flexibilidade na escolha da linguagem para a programação dos robots, uma vez que o ambiente visual de programação da LEGO, disponível no *kit* robótico adotado, não se mostrou o mais adequado, pois muitas das tarefas típicas de programação não podem ser nele resolvidas, por ser essa linguagem visual de programação muito restritiva e não permitir, por exemplo, o uso de variáveis, a chamada recursiva de sub-rotinas ou a criação de sub-rotinas que chamem outras sub-rotinas (Knudsen, 1999; Ferrari, Ferrari, & Astolfo, 2007).

Assim, não estando o projeto centrado numa linguagem específica de programação, optou-se por utilizar a plataforma de programação DROIDE MLP (Figueira, 2008; Pestana, 2008), desenvolvida no âmbito do projeto DROIDE, a qual permite a programação dos blocos NXT utilizando seis linguagens distintas, nomeadamente Prolog, Pascal, C++, C#, Java e Visual Basic .NET e, por conseguinte, diferentes paradigmas de programação.

4.4.1.7 Ferramentas de comunicação

Para a comunicação entre os participantes do projeto, utilizou-se a plataforma Moodle, o Messenger e o *software* OoVoo.

O Moodle (<http://orion.uma.pt/droide/>), acrónimo de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, apresenta uma interface simples e amigável, possui uma filosofia *open source* na sua distribuição e desenvolvimento e dispõe de funcionalidades com um forte componente de participação, comunicação e colaboração (Legoinha, Pais, & Fernandes, 2006), permitindo assim não só a adequada gestão das atividades, mas também a exposição de ideias e a

realização de atividades de *brainstorming*, características essenciais para o desenvolvimento do trabalho colaborativo (Andrade, 2005).

Baseando-se na premissa de que a construção do conhecimento realiza-se de forma mais ativa quando há interação com o ambiente, o Moodle permite a criação de um verdadeiro ambiente colaborativo de aprendizagem, ao focar a atenção na aprendizagem que acontece enquanto se constroem artefactos para serem vistos ou utilizados por outros, indo além da simples aprendizagem como atividade social (Dougiamas & Taylor, 2003).

Por sua vez, o Windows Live Messenger é um dos componentes do pacote integrado de comunicações *Windows Live*, lançado pela Microsoft em 2006, o qual possibilita a comunicação por meio de conversas instantâneas pela Internet. O programa permite que um utilizador com acesso à Internet possa interagir com outros que tenham o mesmo programa instalado, em tempo real, utilizando texto, voz e vídeo, podendo-se ter uma lista de amigos virtuais e acompanhar quando estes entram e saem da rede.

Finalmente, de modo a permitir a visualização do comportamento dos robots construídos pelos distintos grupos virtuais, optou-se pela utilização do *software* ooVoo (<http://www.oovoo.com/>), uma vez que o mesmo permite videoconferência com até seis participantes e a gravação em vídeo das reuniões virtuais nos formatos AVI e FLV.

4.4.1.8 Procedimentos

Alguns procedimentos considerados essenciais para o início da execução do projeto foram previamente estabelecidos. O primeiro foi a escolha da plataforma Moodle para a gestão dos grupos virtuais. A escolha recaiu sobre esta plataforma por ser a mesma um sistema de gestão de atividades educativas que possibilita a criação de comunidades *online* em ambientes virtuais destinados à aprendizagem colaborativa.

Como o desenvolvimento de um projeto no mundo virtual requer dedicação e perseverança, uma vez que não existem paredes nem professores, algumas diretrizes foram também estabelecidas.

Assim, antes da formação dos grupos virtuais, foi necessário:

- fazer a inscrição no Moodle;
- instalar a plataforma NXT SDK;
- montar o robot;
- testar o funcionamento da plataforma, utilizando os exemplos incluídos no DVD de instalação.

No caso de dúvidas, os participantes deveriam pedir ajuda ao tutor local ou colocá-las diretamente no Moodle.

Após a composição dos grupos, as diretrizes a serem seguidas durante o desenvolvimento do projeto foram as seguintes:

- trabalhar no projeto, *online*, pelo menos duas vezes na semana, durante duas horas;
- escolher, em grupo, a linguagem para programação do robot;
- disponibilizar no Moodle o registo das reuniões feitas no Messenger;
- colocar as dúvidas no fórum de discussão;
- discutir ideias;
- partilhar, com o grupo virtual, documentos, fotos, vídeos ou qualquer outra informação que pudesse auxiliar na resolução dos problemas-desafio.

4.4.1.9 Tutores

De acordo com Wenger (1998), para que algo de produtivo possa acontecer, deve-se assegurar que as pessoas certas estejam nos lugares adequados e mantenham o tipo correto de relação.

Por outro lado, era fundamental a presença, em cada escola envolvida, de um professor que convidasse os alunos a participar no projeto e que pudesse dar apoio ao grupo virtual e também ao grupo local.

Assim, de modo a garantir o bom andamento do projeto, foram escolhidos como tutores docentes do Ensino Secundário que tivessem trabalhado com robots ou possuísem bons conhecimentos de Informática, devendo estes, sempre que solicitados, propiciar auxílio aos grupos.

4.4.2 Execução do projeto

4.4.2.1 Constituição dos grupos

O projeto DROIDE VIRTUAL foi integrado por estudantes e docentes oriundos de Escolas Secundárias que apresentaram diversas razões para participar, incluindo a vontade de aprender a programar, o gosto prévio pela programação, a possibilidade de trabalhar com robots, a familiarização com ambientes virtuais ou, ainda, a mera curiosidade pelo tema.

O convite aos estudantes, em cada escola, como antes foi referido, ficou a cargo do respetivo professor tutor. Foram tais estudantes distribuídos por três

grupos virtuais, cada um deles formado por pelo menos um estudante de cada uma das três regiões previamente mencionadas e por um tutor pertencente a uma delas.

Como o contato inicial foi feito com os professores e estes deveriam já possuir conhecimentos de informática ou ter trabalhado com robots, de modo a poderem apoiar os alunos quando necessário, os cursos Secundários da área tecnológica acabaram por estar predominantemente representados. Como nestes cursos a maioria dos alunos são rapazes, talvez seja esta uma explicação para o facto de somente uma rapariga ter mostrado interesse por participar no projeto.

Na constituição dos grupos virtuais, a distribuição dos estudantes participantes e a escolha do respetivo professor tutor foram feitas em função da disponibilidade de horário dos mesmos.

4.4.2.2 Caracterização dos intervenientes

Participaram do projeto DROIDE VIRTUAL 18 estudantes do Ensino Secundário, pertencentes a quatro instituições de ensino de distintas regiões do país, nomeadamente do Funchal, na Madeira, de Ponta Delgada, nos Açores, e de Lisboa e Vila Nova de Gaia, em Portugal Continental, sendo tais intervenientes brevemente descritos a seguir, tendo sido os seus nomes alterados de modo a garantir a preservação da sua identidade.

Ao longo do projeto, dos 18 participantes, quatro integraram o grupo DROIDE VIRTUAL 1 (Dv1) e estiveram acompanhados pelo tutor Leandro, professor de Informática e orientador de estágios de Informática, que já havia utilizado robots com os seus alunos aquando das atividades do projeto DROIDE na Região Autónoma da Madeira.

António

Frequentava o 12º ano do Curso de Ciências e Tecnologia de uma das escolas da região de Lisboa. Começou a trabalhar com a linguagem de programação C para participar no projeto DROIDE VIRTUAL. Na sua escola, já havia participado em atividades com robots. Ingressou no projeto em setembro de 2008. Muito calmo, aplicado, ciente das tarefas a cumprir e muito compenetrado em tudo o que fazia.

Diego

Pertencia a uma das escolas da região do Porto, onde frequentava o 11º ano do Curso de Informática. Programava em diversas linguagens, havia participado nas Olimpíadas Nacionais de Informática (ONI) e, para ele, os robots não eram novidade. Além de dar explicações de Matemática, tinha os computadores como

seu brinquedo favorito, desmontando-os e voltando a montá-los com novo *hardware*. Ingressou no projeto em fevereiro de 2008.

Dinis

Estudante de uma das escolas da Região Autónoma da Madeira, onde frequentava o 11º ano do Curso Tecnológico de Informática. Ingressou no projeto em fevereiro de 2008, tendo já alguma experiência com robots da LEGO por meio de atividades do projeto DROIDE nas escolas da Região. Também programava em Pascal, Visual Basic, C++ e JavaScript.

Elias

Ingressou no projeto em novembro de 2008. Frequentava o 11º ano do Curso Tecnológico de Informática de uma das escolas da Região Autónoma da Madeira. Já possuía alguma experiência com robots da LEGO, adquirida por meio de atividades do projeto DROIDE nas escolas da Região e conhecia diversas linguagens de programação, incluindo Pascal, Visual Basic, C++, PHP, HTML e JScripT. Acabou por percorrer uma trajetória em direção ao exterior e, em julho de 2008, abandonou o projeto devido a problemas pessoais.

O grupo DROIDE VIRTUAL 2 (Dv2) teve como tutor o professor de Informática Mário, responsável pelo desenvolvimento e manutenção do portal da sua instituição de ensino em Vila Nova de Gaia, o qual apoiou os seis alunos que integraram este grupo.

Caetano

Frequentava o 12º ano do Curso de Ciências e Tecnologia de uma das escolas da região de Lisboa. Optou por aprender a linguagem de programação C objetivando participar no projeto DROIDE VIRTUAL. Na escola, já havia participado em projetos com robots. Muito calmo, aplicado e dedicado às tarefas propostas, trabalhava muito bem em grupo. Ingressou no projeto em setembro de 2008 e foi muito persistente na sua trajetória para o interior da comunidade.

Celso

Aluno do 11º ano do Curso de Informática de uma das escolas da região do Porto. Programava em C e em Pascal, mas não havia trabalhado com robots. Ingressou no projeto em novembro de 2008.

Débora

Ingressou no projeto em fevereiro de 2008. Sabia programar em Pascal e em C e frequentava o 11º ano do Curso de Informática de uma das escolas

da região do Porto. A curiosidade em trabalhar com os robots motivou-a a participar. Foi mais um dos elementos que percorreu uma trajetória em direção ao exterior, acabando por abandonar definitivamente o projeto em julho de 2008, com a alegação de haver entendido que as reuniões seriam presenciais e que os seus parceiros de grupo seriam colegas da sua escola.

Jorge

Estudante de uma das escolas da Região Autónoma da Madeira, frequentava o 11º ano do Curso Tecnológico de Informática. Ingressou no projeto em fevereiro de 2008, já possuindo alguma experiência prévia com robots da LEGO, adquirida por meio das atividades do projeto DROIDE desenvolvidas nas escolas da Região, além de programar nas linguagens Pascal, Visual Basic, C++ e JavaScript.

Júlio

Ingressou no projeto em fevereiro de 2008. Sabia programar em Pascal e em C e frequentava o 12º ano do Curso de Informática de uma das escolas da região do Porto.

Assim como a Débora, percorreu também uma trajetória para o exterior da comunidade e, em julho de 2008, abandonou definitivamente o projeto sem dar maiores explicações.

Renato

Frequentava o 11º ano do Curso de Informática de uma das escolas da região do Porto, tendo ingressado no projeto em novembro de 2008. Sabia programar em Pascal, mas nunca havia trabalhado com robots, tendo ficado motivado a participar justamente para ter essa oportunidade.

O único grupo a ter dois tutores, coincidentemente ambos do sexo feminino, foi o DROIDE VIRTUAL 3 (Dv3). Inicialmente este grupo foi acompanhado pela Célia, que aceitou participar no projeto quando soube que envolvia robots, uma vez que a sua escola possuía um clube de Robótica, do qual fazia parte. Também integrava um grupo de teatro e gostava de desafios. No mesmo ano do início do projeto, resolveu enfrentar mais um desafio, dando início ao trabalho de investigação com vista ao seu doutoramento e, portanto, não conseguindo conciliar todas as atividades em que estava envolvida, cedeu a tutoria do grupo Dv3 à Patrícia, professora de Informática, que se juntou ao projeto em setembro de 2008. Esta tinha igualmente experiência com robots e, embora envolvida com o desafio de escrever a sua dissertação de mestrado, por possuir um espírito aberto à investigação, aceitou com entusiasmo a nova experiência.

Ao longo do projeto, apoiados por uma dessas tutoras, oito alunos integraram o grupo Dv3.

Bento

Frequentava o 11º ano de uma escola da região dos Açores e pertencia ao Grupo de Desporto. Nunca havia trabalhado com robots e também não conhecia nenhuma linguagem de programação. Ingressou em fevereiro de 2008, porém acabou por desistir em maio de 2008, por não conseguir participar das reuniões, devido ao facto das competições desportivas em que participava fazerem com que estivesse quase sempre ausente.

Décio

Estudante de uma das escolas da Região Autónoma da Madeira, frequentava o 10º ano do Curso Tecnológico de Informática. Ingressou no projeto em janeiro de 2009. Não havia previamente trabalhado com robots da LEGO, porém possuía alguns conhecimentos da linguagem de programação Pascal.

Gonçalo

Aluno do 12º ano do Curso de Ciências e Tecnologia de uma das escolas da região de Lisboa. Começou a trabalhar com a linguagem de programação C objetivando participar no projeto DROIDE VIRTUAL. Na escola, já havia participado em projetos com robots. Muito calmo e aplicado, ingressou no projeto em setembro de 2008.

Ilídio

Igualmente estudante de uma das escolas da Madeira, frequentava, na ocasião, o 12º ano do Curso Tecnológico de Informática. Ingressou no projeto em novembro de 2008. Nunca havia trabalhado com os robots, porém conhecia diversas linguagens de programação, dentre elas Pascal, Visual Basic, C++, PHP, HTML e JScript. Em dezembro de 2008, acabou por sair do projeto, em decorrência da dedicação necessária ao estágio na área de Informática iniciado numa das empresas da Região.

Joel

Ingressou no projeto também em novembro de 2008 e frequentava o 11º ano do Curso de Informática, juntamente com o Lucas, numa das escolas da região do Porto. Sabia programar em Pascal, porém nunca havia trabalhado com robots, embora demonstrasse uma enorme curiosidade pelos problemas propostos. Bastante extrovertido, frequentava aulas de danças de salão, pois

considerava importante poder levar as namoradas a dançar. Evidenciava um envolvimento bastante forte com a família. Além de trabalhar com muita disposição na consecução dos objetivos comuns do grupo, foi um dos elementos responsáveis pelo espírito descontraído sempre presente nas reuniões do grupo Dv3.

Lucas

Aluno de uma das escolas da região do Porto, onde frequentava o 11º ano do Curso de Informática, ingressou no projeto em novembro de 2008. Embora não houvesse antes trabalhado com robots, programava em C e em Pascal. Muito carismático e bastante dedicado ao trabalho, foi um dos responsáveis pelo sucesso do empreendimento conjunto.

Rúben

No início do projeto, em fevereiro de 2008, motivado por poder trabalhar com os robots, ingressou no grupo Dv3. Não conhecia nenhuma linguagem de programação e frequentava o 11º ano do Grupo de Desporto de uma das escolas da Região Autónoma dos Açores. As constantes viagens para participar em torneios desportivos nacionais fizeram com que a sua permanência no projeto se tornasse inviável, por usualmente não conseguir participar nas reuniões. Assim, percorreu uma trajetória para o exterior da comunidade e, em maio do mesmo ano, já havia deixado de participar nas reuniões virtuais.

Tomás

Frequentava o 10º ano do Curso de Ciência e Tecnologia de uma das escolas da região dos Açores e participava, já há três anos, do Grupo de Robótica da sua escola, embora não soubesse programar. Ingressou no projeto em fevereiro de 2008 e, assim como outros, acabou por percorrer uma trajetória para o exterior da comunidade, deixando de participar nas reuniões virtuais em julho do mesmo ano.

4.5 História do DROIDE VIRTUAL contada na primeira pessoa

Após a descrição de todas as fases que compreenderam esta investigação, farei aqui uso da primeira pessoa para falar um pouco mais sobre o projecto e sobre as minhas dúvidas e hesitações, pois, como referido por Cabral (1983), é importante mostrar que o caminho percorrido nem sempre foi perfeito.

4.5.1 O início do projeto DROIDE VIRTUAL

Após ter enviado o *software* de programação para os grupos poderem começar a trabalhar, em março de 2008 começaram os primeiros equívocos. Esperava que os tutores assumissem os seus papéis de líderes e, como tal, organizassem os grupos. Os alunos esperavam que os professores tutores tivessem esse papel de liderança, enquanto os tutores, por sua vez, esperavam que eu, como líder do projeto, assumisse esse papel.

No final daquele mês, quando todos já haviam instalado a plataforma de programação, verificamos que o NXT SDK apresentava problemas. Iniciamos o mês de maio de 2008 enviando a versão corrigida do *software* para as escolas, de maneira a que pudessem correr o programa sem erros.

Até aquele momento, os grupos ainda não haviam estabelecido os horários em que tinham disponibilidade para reunir. Resolvi, então, pedir o contato telefónico dos alunos e comecei a organizar os horários dos grupos.

As reuniões começaram, mas sempre com muitas falhas. A Débora, do grupo Dv2, não estava muito satisfeita, pois havia entendido que iria trabalhar com os colegas da sua escola. Comentou que achava estranho falar com pessoas por *chat* sem as conhecer e que não conseguia perceber facilmente o que os outros queriam dizer.

No grupo Dv3, o Rúben disse que estava a pensar em desistir, enquanto que o Elias não respondia aos *emails* a ele enviados.

Os integrantes do grupo Dv1 conseguiram manter as reuniões e, em julho, já haviam programado uma possível solução para um dos problemas-desafio.

Nessa altura, pensamos que seria necessário repensar o projeto, cabendo a mim encontrar uma resposta para a questão dos motivos que levaram a que as coisas corressem mal nesta fase inicial do projeto.

A plataforma MLP

O primeiro erro constatado foi o uso de uma ferramenta informática, que servia de base de todo o projeto, sem que a mesma estivesse devidamente testada. Muito do desânimo que se instalou no seio dos participantes decorreu do facto de não conseguirem colocar a plataforma a funcionar para poderem correr os programas desenvolvidos.

A coordenação

Enquanto coordenadora, sentia-me insegura e bastante dependente dos tutores, pois a Informática não é a minha área de formação. Assim, acabei por não assumir uma postura de líder que acreditava no projeto quando os problemas

começaram a ocorrer, pois não sabia como responder adequadamente às questões sobre os *bugs* informáticos detetados.

A logística

Inexplicavelmente, os robots demoraram a chegar aos Açores. Por outro lado, o *chat* do Moodle era muito lento. O tutor do Dv1, desde o início, pediu que fossem estabelecidas regras, mas eu achava que o projeto era estimulante por si só e que os alunos convidados estariam ansiosos para trabalhar com os robots e, além disso, eu não queria uma ‘sala de aula’, com os seus condicionamentos.

É importante referir que, ao mesmo tempo em que o projeto seguia o seu curso, eu estava a estudar a teoria da Aprendizagem Situada, tendo sido na tentativa de compreender determinados factos e responder a alguns porquês que acabei por encontrar algumas respostas e reformular as minhas questões iniciais de investigação.

Segundo Whyte (2005), um investigador aprende com os erros e deve destes tirar proveito para refletir, pois os mesmos fazem parte da aprendizagem da própria investigação. Assim, o repensar do projeto teria de começar por tentar perceber claramente todos os problemas até então enfrentados.

Aproveitando o facto dos alunos participantes precisarem de tempo para se dedicar aos exames finais nas escolas, bem como a proximidade das férias escolares, tomei a decisão de formar um grupo presencial para poder observar de perto todo o desenrolar das atividades e, com isto, poder obter subsídios para a resolução dos problemas previamente encontrados no trabalho com os grupos virtuais.

4.5.2 A etapa presencial do projeto

O DROIDE presencial surgiu, assim, como um ‘projeto-piloto’, para que eu pudesse acompanhar de perto um grupo de alunos a trabalhar com os robots. Foi com esse pequeno grupo que consegui perceber onde estavam os problemas, corrigi-los e, assim, sentir-me segura para poder efetivamente orientar os grupos virtuais.

Os alunos do DROIDE presencial frequentavam o último ano do Ensino Secundário do curso Tecnológico de Informática e ofereceram-se para colaborar, pois pretendiam ingressar no ano seguinte no curso de Engenharia Informática — o que veio a se concretizar — e, assim, poderiam já estar mais integrados no ambiente universitário.

Vieram conhecer as instalações da Universidade da Madeira e o Laboratório DROIDE no dia 10 de julho de 2008, mostrando-se na ocasião bastante entusiasmados.

Durante 15 dias trabalharam no projeto no período da manhã, o que permitiu detetar os problemas de instalação e do sensor de ultrassom, bem como ter uma melhor ideia do grau de dificuldade para encontrar a solução para cada um dos problemas-desafio.

Problemas de instalação

A instalação do *software* necessário para programar o bloco NXT decorreu, no geral, sem problemas. No entanto, logo ao início, o grupo de trabalho presencial deparou-se com alguns pequenos entraves, que foram corrigidos com a ajuda dos desenvolvedores da plataforma de programação, tendo sido alertada pelo grupo para a possibilidade dessas situações voltarem a ocorrer com os grupos virtuais.

Problemas com o sensor de ultrassom

Na resolução do problema-desafio nº 3, este grupo deparou-se com mensagens de erro sempre que tentavam correr o programa desenvolvido. Embora o Visual Studio Express não indicasse qualquer erro na compilação do código, ao correr o programa verificava-se existir um problema com o sensor de ultrassom.

Posteriormente, verificou-se que tal problema decorria do facto do sensor de ultrassom não estar corretamente configurado na primeira versão da plataforma de programação DROIDE MLP.

Resolução dos problemas-desafio

O grupo presencial registou o tempo dispendido na resolução de cada um dos problemas-desafio, classificando-os em níveis de dificuldade, numa escala de 1 a 10.

O problema-desafio nº 1 foi classificado com um grau de dificuldade cinco.

O problema-desafio nº 2 foi classificado com um grau de dificuldade oito.

O problema-desafio nº 3 foi classificado com um grau de dificuldade igual a um.

O problema-desafio nº 4 foi classificado com um grau de dificuldade três.

O problema-desafio nº 6 foi classificado com um grau de dificuldade sete.

O problema-desafio nº 7 foi classificado com um grau de dificuldade cinco.

Os problemas-desafio nº 5 e nº 8 foram os que apresentaram maior dificuldade, sendo, portanto, a eles atribuída a cotação máxima.

4.5.3 A continuação do projeto DROIDE VIRTUAL

Transcorridas as férias escolares, em outubro de 2008 resolvemos recomeçar as reuniões do DROIDE VIRTUAL e colocamos *online* o sítio do DROIDE

VIRTUAL, com todo o material necessário e instruções para o *download* da versão atualizada da plataforma de programação DROIDE MLP.

Em novembro de 2008, os professores tutores fizeram novos convites, objetivando a ocupação dos lugares deixados vagos pelos alunos que haviam percorrido uma trajetória para fora da comunidade e, na mesma época, marquei reuniões presenciais com os grupos. Reuni-me primeiramente com o grupo da Madeira, expliquei o projeto e a importância do compromisso que estariam a assumir com todos os envolvidos e enfatizei que deveriam dispor de quatro horas semanais para dedicação ao projeto. Os alunos preencheram então uma folha com os horários em que estariam disponíveis, para que pudesse posteriormente ter condições de constituir os grupos virtuais.

Em dezembro de 2008, fui a Lisboa e a Vila Nova de Gaia, sendo o procedimento por mim seguido idêntico ao da reunião com o grupo da Madeira. A lembrança que guardo dos alunos de Lisboa era a de rapazes tímidos, mas muito compenetrados.

Após o retorno à Madeira, organizei os grupos em função da disponibilidade de horário de cada um, inclusive dos tutores. No dia 12 de dezembro, enviei a chave de acesso ao Moodle aos tutores, com a indicação do grupo que ficaria sob a responsabilidade de cada um, tendo ainda informado a todos que as reuniões teriam início na primeira semana de janeiro de 2009 e que, até lá, deveriam instalar e testar a plataforma utilizando os exemplos existentes na documentação disponibilizada no sítio do DROIDE. No dia 15 de dezembro, enviei um *email* a todos os intervenientes, indagando como estavam as coisas a decorrer, tendo recebido a informação de que quatro deles já haviam instalado e testado o *software* e feito uma primeira tentativa de construção do robot.

No início de janeiro de 2009, começaram as reuniões virtuais. Um dos elementos que integrava o grupo Dv1, o Diego, tinha bastante experiência em programação, pois costumava participar nas Olimpíadas Nacionais de Informática, enquanto que o António, de Lisboa, não possuía conhecimentos de programação, tendo começado a trabalhar com robots e a aprender a programar para poder participar no projeto. Os demais integrantes deste grupo possuíam já alguns conhecimentos de programação.

No grupo Dv2, o Celso, de Vila Nova de Gaia, era quem possuía maiores conhecimentos no que concerne à programação, enquanto que o Caetano, de Lisboa, era o único que não estava num curso tecnológico de Informática.

No grupo Dv3, já com a Patrícia como tutora, o Lucas e o Joel, ambos de Vila Nova de Gaia, eram os que melhor programavam, enquanto que o Gonçalo, de

Lisboa, estava a aprender a programar em C, de modo a se sentir mais confiante para participar no projeto.

Foram meses de muito trabalho, que transcorreram da melhor forma. Novamente, precisava encontrar uma resposta à questão dos motivos que levaram a que as coisas corressem bem nesta fase do projeto.

A plataforma

Embora a plataforma tivesse sido corrigida e atualizada pelos seus desenvolvedores e apresentasse alguns aperfeiçoamentos, constatamos que nem todos os problemas detetados foram corrigidos. O sensor de ultrassom e algumas funções da API do C++ continuavam a não funcionar muito bem, porém tais deficiências não impediram a concretização da solução dos problemas-desafio, tendo apenas retardado a sua resolução.

A coordenação

Como coordenadora, passei a sentir-me segura quanto às possibilidades do uso da plataforma de programação. Assumi, assim, uma postura de líder que realmente acreditava no projeto e marquei reuniões presenciais com cada grupo. Expliquei cada um dos desafios e quais os problemas que poderiam encontrar. Nessas reuniões, recolhi os horários disponíveis de cada um e, posteriormente, organizei os grupos em função das disponibilidades dos participantes. Estes comprometeram-se a participar no projeto duas vezes por semana, durante duas horas, tendo sido com grata satisfação que constatei que, durante os três meses de reuniões virtuais realizadas após as alterações efetuadas, não houve falhas de comparência.

Os tutores

Houve também uma pequena mudança no comportamento dos tutores que já estavam envolvidos no projeto desde o seu início, o que contribuiu significativamente para o sucesso do mesmo.

A Patrícia, a nova integrante do grupo dos tutores, constituiu-se num elemento dinamizador, tendo o entusiasmo demonstrado pelos membros do seu grupo feito crescer a minha vontade de estar presente nas reuniões virtuais.

Os alunos

Nas reuniões virtuais, o grupo Dv1 precisava de ser estimulado para começar a trabalhar, pois, via de regra, ninguém tomava a iniciativa. Neste grupo, o António tinha sempre consciência do que havia sido feito nas reuniões,

mostrando-se irritado sempre que alguém perguntava coisas que ele havia respondido anteriormente.

Os integrantes do grupo Dv2 começavam as reuniões sempre a horas, estivesse o tutor *online* ou não, terminando-as sempre no horário estabelecido. O Celso e o Caetano complementavam-se. O Celso programava muito bem, mas foram as intervenções do Caetano, com pouca experiência em programação, que muito contribuíram para a resolução dos problemas-desafio. O Celso, embora muito persistente, quando achava que estava com a razão, acabava por não aceitar as sugestões do Caetano ou mesmo do tutor. Tinha de estar realmente convencido para aceitar mudar de opinião. Os membros deste grupo eram muito compenetrados e optaram por fazer reuniões extras quando tomaram conhecimento que outros grupos já haviam resolvido um maior número de problemas-desafio.

Por sua vez, os elementos do grupo Dv3, embora comesçassem a horas, costumavam esquecer o horário de encerramento definido para as reuniões virtuais. Trabalharam muito, divertiram-se bastante, produziram muito e ajudaram-se mutuamente, tendo sido todos muito participativos. O Décio foi o último elemento deste grupo a ingressar no projeto, tendo sido acolhido por todos e incentivado a participar, por ser ele o aluno que possuía menos conhecimentos de programação. Este grupo extrapolou os limites do DROIDE VIRTUAL, tendo optado pela criação de um *blog* para complementar o espaço de comunicação.

A logística

Nesta etapa, como houve um melhor planeamento, as atividades decorreram conforme o esperado, excetuando o atraso no envio, para Vila Nova de Gaia, dos *kits* robóticos destinados ao Joel e ao Renato, em decorrência de questões de natureza burocrática.

4.5.4 A etapa final do projeto

A conclusão do projeto decorreu em duas etapas. A primeira delas, a final virtual, ocorreu a 17 de abril de 2009, com os grupos reunidos nas suas escolas de origem. Como os elementos pertenciam a grupos virtuais distintos, cada um, a sua vez, fez uma demonstração da solução obtida para cada um dos problemas-desafio.

A final presencial ocorreu na Madeira na semana seguinte, a 22 de abril, tendo sido também uma forma de agradecimento ao grupo de alunos e professores tutores que se dispuseram a colaborar no meu trabalho de investigação.

A final virtual

Marcamos a reunião virtual final para observar como cada grupo havia resolvido os problemas-desafio. O tempo foi pouco para a apresentação e nem todos os grupos dispunham de uma *webcam* com boa resolução, o que fez com que não fosse possível observar adequadamente os detalhes necessários para a correta avaliação das soluções propostas para alguns dos problemas-desafio, o que teve influência na cotação final atribuída, sendo este o caso, por exemplo, do problema-desafio em que era necessário medir a distância do robot até a parede, daquele onde era preciso ver quantos milímetros o robot desviou-se da rota e, ainda, de outros onde era preciso visualizar o ecrã do bloco NXT, de modo a perceber se a solução desenvolvida estava correta.

Em função de tais limitações, resolvemos fazer uma nova reunião, agora presencial, na Ilha da Madeira, com a participação de todos os envolvidos no projeto.

A final presencial

A final presencial foi uma feliz surpresa para todos, pois não contavam com tal desfecho. Para a maioria, foi a oportunidade de conhecer a Ilha da Madeira e, principalmente, de se conhecerem pessoalmente.

Esta reunião final superou as minhas expectativas, pois nela manteve-se o mesmo espírito das reuniões virtuais. Reuniram-se todos no Laboratório DROIDE, no Campus da Universidade da Madeira, para os ajustes finais, tendo havido bastante interação entre os presentes. Durante aquela manhã, enquanto estavam reunidos no Laboratório DROIDE, os elementos dos grupos Dv1 e Dv2 acabaram por conseguir resolver o problema-desafio nº 8, que envolvia a identificação de figuras geométricas, sendo mostrado na Figura A.2, no Anexo A, o robot desenvolvido pelo grupo Dv2 a resolver o referido desafio, que não havia sido antes solucionado por nenhum dos grupos virtuais, embora existisse uma proposta para a sua resolução elaborada pelo grupo Dv3, que, no entanto, quando implementada, acabou por não funcionar como esperado.

Embora tenha chegado ao final satisfeita com os resultados obtidos, devo salientar que existiram muitos outros aspetos que foram impossíveis de controlar e que, em diversas ocasiões, indaguei-me sobre o meu papel.

Sei que participei mais em determinadas reuniões, por me identificar com um dado grupo, tendo isto levantado algumas questões de natureza ética. Somente depois de assimilada a teoria e feita a análise dos dados é que acabei por perceber ser este o caminho natural de uma investigação com estas características.

Capítulo 5

Análise e discussão dos dados recolhidos

Neste Capítulo, apresenta-se inicialmente uma análise da prática na comunidade DROIDE VIRTUAL, enfatizando-se quatro aspetos, nomeadamente a forma como se desenvolveu a prática nessa comunidade, as dimensões que tornaram a prática fonte de coesão da comunidade, a negociação de significados e o papel dos robots nessa prática.

Faz-se, a seguir, uma análise e discussão da participação na comunidade DROIDE VIRTUAL, focalizando os motivos que levaram à participação nessa comunidade, as formas de participação, os modos de pertença e o papel desempenhado pelos tutores.

Finalmente, analisa-se a aprendizagem da resolução de problemas com robots num contexto virtual, olhando-se para os dados recolhidos através das etapas da estratégia de resolução de problemas propostas por Pólya.

5.1 A prática da comunidade DROIDE VIRTUAL

Para efeito desta análise, foram escolhidos excertos dos diálogos entre alguns participantes, com o objetivo de realçar a prática na comunidade DROIDE VIRTUAL, sendo importante aqui referir que tais escolhas têm a ver com a parcialidade que se acaba por assumir em decorrência da identificação que se tem ou não com os intervenientes e com a prática de cada grupo.

A prática, mais do que fazer algo isoladamente, é fazê-lo num contexto histórico e social, de forma a conferir significado àquilo que é feito. Neste sentido, a prática é sempre social, incluindo todos os aspetos que nela estão envolvidos, como, por exemplo, as regras, os documentos, as relações, o que está explícito ou implícito e mesmo o que é ou não dito (Wenger, 1998).

Aqui, a prática da comunidade DROIDE VIRTUAL será olhada sob alguns desses aspetos, analisando as dimensões que fizeram da prática a fonte de coesão da

comunidade, a forma como nela decorreu a negociação de significados, bem como o papel dos robots nessa prática. Embora o objetivo seja o de inicialmente abordar somente a prática no âmbito da comunidade, algumas vezes será necessário também falar de participação, por ser difícil dissociá-las.

O processo de participar numa prática sempre implica o indivíduo como um todo, estando este ao mesmo tempo a atuar e a conhecer. Aprender pela prática não significa contrariar a teoria, pois as comunidades de prática incluem tudo o que nelas está envolvido, sendo lugares onde se pode negociar e partilhar, ainda que nelas possam existir divergências, em decorrência do facto de cada um ter as suas próprias teorias e maneiras de compreender o mundo.

Na comunidade DROIDE VIRTUAL, a construção coletiva de uma prática foi o que tornou possível cumprir as exigências para a resolução dos problemas-desafio propostos. Como comunidade de prática, os seus integrantes tornaram possível a consecução do empreendimento conjunto, inventando e mantendo maneiras de conciliar as exigências impostas pelo projeto com a das situações reais vividas no seu mundo particular.

Aquando do início do projeto, foi proposto aos seus integrantes um grande desafio, que era o de vencer uma competição, devendo estes, para tal, construir e programar um robot capaz de resolver todos os problemas-desafio propostos.

A participação em cada grupo foi muito diferente, assim como o papel desempenhado pelos tutores. Os grupos mobilizaram repertórios do que é ser aluno naquela situação e, conforme o tutor, inferiram o seu repertório. Como exemplo, pode-se distinguir os grupos Dv2 e Dv3, por terem maneiras bastante distintas de fazer as coisas, não sendo aqui referido o grupo Dv1, por ser a prática nele estabelecida mais próxima daquela observada no grupo Dv2.

No grupo Dv2, os participantes viram no tutor o ‘professor de sala de aula’, por serem dois deles seus alunos, optando por não tomar a iniciativa e ficando à sua espera para o começo das reuniões, sendo ainda os seus integrantes bastante rigorosos com o tempo disponível para o trabalho e também com a estrutura dos programas por eles elaborados.

Já o grupo Dv3, embora também composto por quatro elementos e tendo como membros dois alunos do tutor do grupo Dv2 e apenas um aluno da própria tutora do grupo, teve uma participação na prática muito diferente, em decorrência da sua forma de atuação, tendo os participantes encontrado um espaço totalmente diferente da sua sala de aula, sendo usual falarem nas reuniões um pouco sobre tudo, incluindo o jeito de ser de cada um, os seus gostos e aquilo que faziam diariamente. As reuniões deste grupo começavam sempre à hora programada,

embora se prolongassem para além do horário estipulado para o seu término, sendo necessário à tutora chamar a atenção para o adiantado da hora, em função dos participantes terem de ir à escola na manhã seguinte e, se assim não fosse, certamente esqueceriam-se completamente do horário, tamanho o engajamento do grupo na prática.

Objetivando exemplificar a relação que se estabeleceu entre a tutora e os integrantes do referido grupo, apresenta-se a seguir um excerto de uma das reuniões realizadas:

Alcione diz: *A Patricia tem uma reunião na escola até às 20h30. Como a escola é longe de casa, ela acha que não chega a tempo para a reunião.*

Lucas diz: *logo hoje que ja sei o que sao as funções nao blocking e as blocking!!*

Entretanto, mesmo sendo tarde, pois já eram 22h10, a tutora resolveu verificar se o seu grupo ainda estava em reunião:

Lucas diz: *quem é vivo sempre aparece! Estamos desmotivados, voce é a força do nosso correr!!*

Patricia diz: *E eu a pensar que me vinham animar. Isso é bom ou mau?*

Lucas diz: *É optimo, quer dizer que nos apoia bastante!! Vai gostar de saber que ja sabemos como funcionam as funções nao blocking e blocking e que ja pode postar comentarios no blog!*

Patricia diz: *bem, pelos vistos na minha ausência rende mais o trabalho, afinal a perturbadora sou eu.*

É interessante referir que essa reunião virtual estendeu-se por mais uma hora e meia, simplesmente pelo aumento da motivação em decorrência da presença da tutora e dos significativos avanços conseguidos pelos alunos.

Outra situação observada foi uma modificação nas relações previamente estabelecidas aquando da integração de um novo membro na comunidade, levando os participantes a forjarem novas identidades a partir de suas novas perspetivas.

Um exemplo disso foi a incorporação de novos membros ao grupo Dv1, que fez com que os novatos do ano anterior, que haviam se tornado veteranos, passassem a ajudar os principiantes, tendo o Diego, um dos veteranos do grupo, assumido o papel de especialista aquando da chegada dos novos membros, tendo sido esta interação importante para os elementos menos experientes, pois permitiu que recebecem orientação dos veteranos em relação, por exemplo, ao modo de fazer as coisas e à aprendizagem de novos conceitos.

Por outro lado, tomando como exemplo o problema-desafio nº 3, que consistia basicamente em percorrer, num único movimento, a distância entre o ponto de partida do robot e um ponto situado a 10 cm de uma parede colocada na sua

trajetória, são a seguir apresentados excertos dos programas desenvolvidos pelos três grupos virtuais para a sua resolução.

Todas as soluções basearam-se no uso do sensor ultrassônico do *kit* LEGO Mindstorms NXT, capaz de detetar obstáculos na faixa de 0 a 255 cm e medir distâncias com uma precisão de ± 3 cm, tendo todos os grupos apresentado programas desenvolvidos com base nas experiências individuais que cada um trouxe da sua realidade e também produto da participação na prática.

O primeiro excerto, apresentado a seguir, foi extraído do programa desenvolvido pelo grupo Dv3:

```
void AndaFrente(int velocidade)
{
    robot.forward(velocidade);
}
void Desliga()
{
    robot.shutdown();
}

float n=12;
cout << n <<"t";
n=robot.getUltrasoundValue(4);
cout << n;
while((n=robot.getUltrasoundValue(4))>3.00)
{
    AndaFrente(10);
}
Desliga();
```

Uma solução mais elegante é apresentada no segundo excerto, mostrado a seguir, extraído do programa desenvolvido pelo grupo Dv1:

```
int ULTRASOUND=1;
int DISTANCIA=10;
int SPEED=30;

robot.forward(SPEED);
while(robot.getUltrasoundValue(ULTRASOUND)>DISTANCIA)
{
}
robot.stop();
robot.shutdown();
```

Embora ambos os programas executem a tarefa proposta, a presença de uma parede, mostrada na Figura A.3, no Anexo A, é essencial para a resolução do problema-desafio.

Por sua vez, o programa desenvolvido pelo grupo Dv2, um excerto do qual é mostrado a seguir, implementa uma solução algorítmica mais robusta do que as anteriores, pois não exige que a parede esteja presente no início da execução do programa e, ainda que a mesma seja deslocada enquanto este estiver a correr, o robot construído irá sempre cumprir o que foi pedido, parando a 10 cm da posição inicial da parede:

```
void AndaFrente(int velocidade, int voltas)
{
    robot.forwardDegrees(velocidade,voltas);
}
int calculo()
{
    return(robot.getUltrasoundValue(4));
}
void Desliga()
{
    robot.shutdown();
}
int a;
void andar()
{
    a=0;
    do
    {
        a=calculo();
    } while(a==0);
    a=a*6;
    a=a-19;
    a=(a*360)/18;
    AndaFrente(10,a);
    Desliga();
}
```

Esta solução tem em conta o facto de o sensor ultrassónico ter sido instalado a 9 cm de distância da frente do robot, de cada unidade por ele medida corresponder a aproximadamente 6 cm e do mesmo deslocar-se 18 cm a cada rotação das rodas.

Ao analisar os dados dos três grupos, percebe-se que, no geral, organizavam-se de uma determinada forma. Na primeira parte do projeto, a partir da proposta inicial feita aos participantes, cada um dos grupos foi descobrindo como fazer, tendo os seus integrantes tentado identificar e representar os problemas-desafio, o que os levou a explorar as suas ideias e proporcionou um *brainstorming* no âmbito de cada grupo.

A interação que ocorre num contexto presencial faz-se acompanhar de outros auxiliares, como os gestos, as expressões e a cumplicidade dos olhares, que, muitas vezes, dizem mais do que as palavras conseguem transmitir quando assumidos e partilhados por uma mesma cultura. A componente virtual impedia a interação face-a-face e, para a facilitar a compreensão das ideias que queriam transmitir e em torno das quais organizaram a sua participação, lançaram mão de distintos recursos, incluindo desenhos, textos, vídeos e outros tipos de documentos, que foram partilhados com os demais participantes. Ainda nesta etapa, aquando da escolha da linguagem a ser utilizada no âmbito do projeto, começaram as primeiras aprendizagens, tendo os participantes com mais experiência explicado aos novatos as principais diferenças entre as linguagens disponíveis na plataforma adotada para a programação dos robots, permitindo com isto que estes comesçassem a perceber algumas diferenças importantes entre linguagens de programação como o C++, o Pascal e o Visual Basic.

A segunda parte do projeto, que se sobrepôs parcialmente à primeira, compreendeu a exploração das ferramentas disponíveis, ou seja, a montagem e teste do robot, o teste da plataforma de programação e a elaboração dos primeiros programas.

Aquando do desenvolvimento desses programas iniciais, os participantes depararam-se com as barreiras impostas pela plataforma de programação, pela necessidade de aprender a programar e pela própria construção do robot. Começaram por se apropriar dos primeiros conceitos e termos usuais da programação, tais como *float*, variável, quando usar o *interface loader*, qual o significado de iniciar o programa com `#include "NXTCpp.h"`, o que significa o `int_main()` e como compilar os programas. Utilizando os exemplos do manual que acompanhava a plataforma de programação e, tendo a cooperação dos membros mais experientes, acabaram todos por conseguir elaborar programas simples, aprendizagem esta que, posteriormente, tornou possível a resolução dos problemas-desafio propostos.

Cada grupo possuía a sua própria rotina e uma maneira própria de atuação, tendo, por exemplo, um dos grupos utilizado pequenos vídeos em Flash para explicitar a ideia do movimento que o robot deveria fazer. Este artefacto produzido pelo grupo refletia a experiência que estava sendo partilhada, gerando discussões que levavam à construção de um programa capaz de resolver o problema-desafio em causa.

A terceira parte do projeto compreendeu a programação propriamente dita, envolvendo uma nova abordagem dos problemas-desafio em função das diferentes questões inicialmente levantadas, bem como a investigação de soluções

alternativas e a discussão dos programas desenvolvidos, tendo por base a experiência anteriormente adquirida.

A partir da análise dos programas desenvolvidos e do acompanhamento das reuniões virtuais, observou-se que os novatos na arte da programação não iniciaram a sua atividade tentando construir programas mais elaborados, tendo estes começado por desenvolver pequenos programas, cuja complexidade evoluiu em decorrência da diversidade de relações propiciadas pela evolução do seu percurso de aprendizagem.

Na resolução do problema-desafio nº 4, que constava em fazer o robot avançar sobre a linha vermelha existente no tabuleiro, mostrada na Figura A.4, no Anexo A, desviando-se o mínimo possível da mesma, sem fazer uso do sensor de luz, uma das estratégias utilizadas para programar foi a de tentar buscar, nos exemplos disponíveis na documentação fornecida aos participantes, trechos de código para a execução de tarefas semelhantes àquelas necessárias para a resolução do problema-desafio em causa. Posteriormente, não sentindo mais a necessidade da adaptação de códigos desenvolvidos por terceiros, esta estratégia acabou por ser abandonada, como ilustra o excerto a seguir:

Celso diz: Sim, olha e que tal se começar de raiz com um programa so feito por nos? tipo podemos so aproveitar uma ou duas coisas

A percepção de que determinadas partes dos programas eram idênticas, pelo facto do robot ser o mesmo para a resolução de todos os problemas-desafio, bem como a compreensão do significado desses trechos de código, contribuíram para que o Caetano, que inicialmente não sabia programar, nesta fase do seu percurso de aprendizagem tivesse já condições para efetivamente começar a fazê-lo.

Nesta terceira parte do projeto, foi importante que os elementos de cada um dos grupos possuísem o seu próprio robot, para que pudessem visualizar o comportamento resultante da programação que estavam a elaborar conjuntamente. Como em cada um dos grupos as construções iniciais dos robots foram distintas, os resultados com eles obtidos não foram obviamente os mesmos.

Além disso, como para alguns dos problemas-desafio os programas desenvolvidos executavam o pretendido, enquanto para outros não permitiam chegar à solução, foi também necessário, no âmbito de cada grupo virtual, negociar a estrutura final do robot mais adequada à resolução de todos os desafios propostos.

Na quarta parte do projeto, foram aperfeiçoados os artefactos que representavam o produto final, ou seja, os programas criados pelos grupos que possibilitavam a solução de um dado problema-desafio, implicando a conclusão do

mesmo com sucesso que o programa desenvolvido para a sua resolução havia sido adequadamente testado e que este executava a ação pretendida, processo este que levou os participantes a sentir que aquele era também um produto seu, sendo este sentimento de propriedade resultante da realização de um empreendimento conjunto.

A última parte do projeto referiu-se à apresentação do produto final à comunidade, quando todos os grupos, virtual e depois presencialmente, puderam mostrar os seus resultados. No torneio final, além da expectativa de conhecerem-se uns aos outros, existiu também uma expectativa relativa à construção dos demais robots por parte dos outros grupos e da execução dos programas por eles elaborados.

Embora a exposição anterior possa conduzir à ideia de que a participação nessa prática poderia ser simplesmente dividida em etapas estanques, nenhuma delas se desenvolveu de forma isolada, constituindo-se, na verdade, num processo único, que, em cada momento, incluiu o falar, o fazer, o pensar, o sentir e o pertencer.

Os participantes do projeto DROIDE VIRTUAL procuravam encontrar o equilíbrio entre discutir as questões referentes à resolução dos problemas-desafio e conversar sobre os acontecimentos cotidianos, ajudar os principiantes a incorporarem-se na comunidade participando na sua prática, gerir perspectivas e termos concretos que permitissem a realização do que haviam proposto fazer e tornar o trabalho desenvolvido prazeroso, criando uma atmosfera onde os momentos mais difíceis, quando não conseguiam avançar, fossem entrelaçados com as histórias, sucessos, dramas e ritmos da vida da comunidade.

5.1.1 As dimensões da comunidade DROIDE VIRTUAL

Wenger (1998) descreve três dimensões pelas quais a prática se converte em fonte de coerência de uma comunidade. A primeira refere-se ao compromisso assumido pelos indivíduos quando participam em ações cujo significado foi negociado mutuamente. A segunda relaciona-se ao empreendimento que os mantém juntos, referindo-se a terceira e última dimensão ao repertório que é produzido e partilhado pela comunidade durante o empreendimento construído conjuntamente, criando recursos para a negociação de significados.

5.1.1.1 Engajamento mútuo

A prática envolve uma comunidade de indivíduos que participam em ações cujo significado é por eles reciprocamente negociado. O engajamento na prática leva a uma maior integração e a uma melhor definição da identidade e do lugar

próprio assumido por cada um dos participantes, pois, numa comunidade de prática, de acordo com Wenger (1998), tentar saber tudo é menos importante do que saber como ajudar os outros e receber ajuda.

Os excertos do diálogo entre dois dos participantes, o Celso e o Caetano, o primeiro com bons conhecimentos de programação e segundo novato neste domínio, descrevem momentos de engajamento na prática. Primeiramente, é o Celso que pede ajuda ao Caetano para entender os termos em inglês, como mostra o diálogo a seguir transcrito:

Celso diz: *ele com esta função nao esta a funcionar. É capaz de dar tenho de descobrir de onde vem o erro, tu es bom a ingles? é que eu vou ser sincero eu olho para la e pouco apanho, eu desconfio que tenho alguma coisa mal ligada com essa função ele nao se mexe*

Caetano diz: *nao se mexe? qual função?*

Celso diz: *backwardDegrees*

Caetano diz: *ah ok, mas essa não pode ser*

Celso diz: *nao?*

Caetano diz: *backward não é para andar para tras?*

Celso diz: *pois, é forwardDegrees. Usa esta*

Caetano: *pois mas eu não sei onde escrevo isso, porque está quase tudo em português*

Celso diz: *eu mando-te o meu código.*

No seguimento do diálogo, é o Celso que ajuda o Caetano na compreensão do que são funções, mostrando o excerto a seguir a forma como tal conceito básico da Informática foi explicado de uma maneira informal:

Celso diz: *é assim, sabes o que sao funções?*

Caetano diz: *acho que não*

Celso diz: *’tas a ver aquilo que diz void?*

Caetano diz: *Sim, isso sao funções do robot, certo?*

Celso diz: *funções serve para tudo...imagina que tinha um programa onde tinha de utilizar o mesmo código, criavas uma função onde guardavas esse código e sempre que precisasses do código chamavas a função, queres que te explique com um exemplo pratico?*

Embora fosse o Caetano novato na programação e não conhecesse ainda o conceito de função, nesse contexto conseguiu perceber que a função empregue pelo Celso não seria a adequada para a realização da tarefa desejada, sendo este o motivo do robot se deslocar no sentido contrário ao pretendido.

Os diálogos antes transcritos mostram o relacionamento de ambos os participantes com aquilo que sabiam e com o que não sabiam fazer, deixando

transparecer o facto do conhecimento e da contribuição de ambos ter sido importante para o desenvolvimento da prática do seu grupo, uma vez que o engajamento mútuo baseia-se não só naquilo que cada indivíduo sabe e faz, mas também na sua capacidade de se relacionar de forma significativa com aquilo que não sabe ou não faz, supondo assim tanto a competência individual quanto a dos demais participantes (Wenger, 1998).

Tudo o que torna possível o engajamento mútuo é considerado uma componente essencial da prática. Assim, buscar a ajuda dos professores para perceber determinados conceitos, como ilustrado a seguir, foi uma postura adotada por vários participantes que estavam comprometidos com o grupo e queriam alcançar o pretendido, ou seja, vencer o desafio:

Renato diz: *entao nos tavamos com o problema de nao saber quanto ele andava nao era? o professor deu a ideia de se utilizar a hora do sistema.*

Pode-se aqui tentar compreender os motivos que levaram os participantes a procurar o apoio do professor. Por um lado, pode ter tido importância a figura do professor enquanto detentor do saber, capaz de elucidar as questões propostas, e, por outro, a componente presencial pode também ter contribuído para essa procura de ajuda, pois algumas das questões referiam-se à resposta que obtinham do robot quando utilizavam determinadas funções de programação e o facto de poderem levar o robot e mostrar o que estava a acontecer era mais fácil do que explicarem a situação por palavras num contexto virtual. Outro aspeto a ser considerado é o facto dos tutores serem também professores de alguns dos participantes de cada grupo virtual, tornando assim mais difícil a separação entre os dois contextos.

O engajamento é um processo que inclui a negociação de significado em curso, a formação de trajetórias e a revelação de histórias da prática (Wenger, 1998), trazendo também cada participante consigo histórias de outras práticas.

O excerto a seguir mostra um dos momentos dessa prática, onde se propicia uma discussão acerca da resolução do problema-desafio nº 2, envolvendo o cálculo da área do triângulo formado por três pontos escolhidos sobre os lados de um quadrado:

Celso diz: *ve os valores lidos pelo sensor e ve se nao existem variações*

Caetano diz: *nao existem ate chegar ao ponto*

Celso diz: *nao percebi*

Caetano diz: *esquece a luminosidade e mudança de condições lemos o valor do sensor no inicio do percurso e metemos no programa enquanto se compreender entre o valor - 15 ou assim e + 15 ele continua*

Celso diz: *para isso temos de ver tabelas com os valores fixos*

Caetano diz: *não exactamente*

Celso diz: *é para isso que é necessario a unidade*

Caetano diz: *les o valor inicial e esse é quase sempre o mesmo. Se utilizarmos uma cor para o ponto muito diferente resulta*

Celso diz: *o valor de que?*

Caetano diz: *do sensor no inicio da linha.*

O diálogo antes transcrito evidencia o facto de o Celso entender ser imprescindível saber exactamente qual unidade de medida do sensor de luz para o reconhecimento dos pontos marcados sobre os lados do quadrado, exigência esta não necessária de acordo com o Caetano, bastando para tal, segundo ele, que o sensor conseguisse reconhecer uma significativa alteração nas medidas de intensidade da luz refletida.

Este episódio mostra que a oposição do Celso deveu-se à influência da prática escolar, que, como regra, despreza soluções aproximadas para os problemas e abordagens heurísticas para a sua resolução.

Ao longo desta análise, serão ainda abordadas outras situações, envolvendo temas distintos, que retratam o engajamento dos participantes na prática da comunidade DROIDE VIRTUAL.

5.1.1.2 Empreendimento conjunto

Um empreendimento não se restringe a algo isolado, nem é definido pelos participantes ou pelas instituições em que estes estão inseridos, sendo construído pela iniciativa de um conjunto de indivíduos que assumem a responsabilidade por aquilo que produzem, independentemente de terem ou não o mesmo grau de envolvimento.

O trabalho conjunto com indivíduos que partilhem as mesmas condições é um fator essencial para a definição de um empreendimento, sendo a coerência das respostas às situações que surgem na sua prática diária decorrente do facto de estarem todos engajados na sua consecução.

Mesmo nos casos em que a comunidade tenha surgido por iniciativa de alguém em particular ou de alguma instituição, não se pode isolar nesse indivíduo ou nessa instituição a sua autoria, pois a prática de uma comunidade surge das relações entre os seus membros, das condições para o desenvolvimento dessa prática e dos recursos, histórias e interesses pessoais de cada participante, ou seja, essa prática, da forma como foi desenvolvida e aplicada, pertence fundamentalmente à comunidade, pois, como afirma Wenger (1998, p. 80), “o poder — benéfico ou

maléfico — que as instituições, as regras ou os indivíduos têm sobre a prática de uma comunidade é sempre mediado pela produção da prática dessa comunidade”.

A prática da comunidade em estudo surgiu no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL, porém não evoluiu apenas por essa razão. O que inicialmente juntou os seus integrantes foi fundamentalmente a novidade de poder programar robots, porém o que os manteve juntos foi a competição e o desejo de vencê-la, não tendo ninguém estipulado como a prática deveria desenvolver-se, tendo sido esta resultante dos processos de negociação.

5.1.1.3 Repertório partilhado

Os membros de uma comunidade, depois de algum tempo a trabalhar em conjunto, produzem um fundo comum de recursos para a negociação de significado, sendo esse repertório formado por ferramentas, rotinas, maneiras de fazer, gestos, ações, símbolos, palavras, conceitos e relatos, que, isoladamente, não são necessariamente coerentes, advindo a coerência da prática da comunidade que o desenvolveu.

Da mesma forma que em outras comunidades, a comunidade DROIDE VIRTUAL criou também o seu repertório, tendo os seus integrantes frequentemente utilizado uma simbologia própria da juventude atual, suprimindo caracteres ao digitar e utilizando expressões típicas da geração de nativos digitais (Prensky, 2001). Cabe aqui referir que, no âmbito deste trabalho, algumas transcrições sofreram pequenas modificações, de modo a torná-las mais claras ao leitor. Por exemplo, em vez de “sim é ixo”, adotou-se ‘sim é isso’ na transcrição, ou, ainda, em lugar de “ya dix la”, optou-se por escrever simplesmente ‘sim, diz’.

Além dos símbolos, os participantes estabeleceram também algumas rotinas, como, por exemplo, a maneira de iniciar as reuniões. Num dos grupos virtuais, independentemente de quem comesasse a reunião, o início foi sempre informal, com conversas triviais, como ilustra o diálogo a seguir estabelecido entre a tutora e um dos integrantes do grupo Dv3:

Patricia diz: *Olá a todos como correu o teste de geometria?*

Lucas diz: *o stor adiou para a semana terça!! Ele acaba por adiar todos os testes. Ainda nao tivemos um teste no dia!!*

Patricia diz: *Ainda há bons professores!*

Nos outros dois grupos, a rotina estabelecida era a de começar imediatamente a trabalhar, mantendo o foco no trabalho em curso, independentemente de quem tivesse dado início à reunião, como ilustra o excerto que se segue, de um diálogo entre integrantes do grupo Dv2:

Caetano diz: *boa noite, já temos dois desafios feitos, agora é decidir qual o próximo e começar a trabalhar*

Jorge diz: *sim pois ate agora fizemos os mais rapidos*

Renato diz: *Olha, alguém que mande o link do moodle, sff para ver os desafios.*

Alguns dos recursos partilhados foram essenciais à consecução das tarefas, como é o caso de algumas das ferramentas utilizadas, incluindo o *kit* robótico LEGO MindStorms NXT, a plataforma DROIDE MLP, a plataforma Moodle e o *software* ooVoo.

No decorrer do projeto, outras ferramentas foram introduzidas por sugestão de alguns dos participantes, sendo este o caso do Windows Live Messenger, por ser este o programa de comunicação que os participantes utilizavam diariamente e pelo facto de não se terem adaptado ao *chat* do Moodle, por ser mais lento e não possuir tantas opções de funcionamento como o Messenger.

Passaram também a utilizar o SkyDrive, que permite partilhar ficheiros e pastas com todo o grupo, bem como um *blog* (<http://dv3-2009.blogspot.com>), criado pelo grupo Dv3, onde podiam colocar as ideias sobre os problemas-desafio, discutir temas do interesse do grupo e postar imagens e *links* para outros *blogs* relacionados com a utilização de robots na programação.

Os relatos fazem parte do repertório da comunidade e criam uma aproximação entre os seus membros, que, através deles, passam a conhecer-se melhor. Nos grupos Dv1 e Dv3, durante as reuniões, frequentemente foram discutidas outras questões, relacionadas ou não com a resolução dos problemas-desafio e a programação envolvida nos mesmos, mas que despertaram o interesse por parte dos demais participantes, estando a seguir transcrita uma dessas situações:

Leandro diz: *Dinis como vai o estudo do C?*

Dinis diz: *vai andando, o meu pc e k anda meio marado :X aquece muito xD e desliga-se*

Diego diz: *Monto-te um pc num aquário por 100 euros...*

Leandro diz: *Hum...esse eu quero...*

Diego diz: *a única coisa q modifico aos meus pcs e so mesmo as pecas vou comprando aos poucos quando tenho pasta*

Leandro diz: *mas dá pa usar?*

Diego diz: *n e meu esse pc... e do colégio. Esse liquido (q obviamente n e agua) aquece um bocado... mas ele aguentou 8 horas a fio ligado... já agr o pc n e meu... eu n arriscava com um meu... eh do colégio. Aquece um bocado... mas não ao ponto de dar problemas, portanto e seguro, so não aconselho a meter o disco rígido e a diver de cds la dentro e definitivamente não aconselho a beber o liquido... não e tóxico... mas...*

O repertório produzido e partilhado pelos membros do DROIDE VIRTUAL, evidenciado pela linguagem mais requintada que passaram a utilizar, pela forma como abordaram os problemas-desafio, pelas representações em Flash e pelos espaços criados para propiciar as interações, proporcionou os meios necessários para a negociação de significados.

Uma comunidade não pode ser imposta, podendo, no entanto, ser organizada de forma a que os indivíduos se juntem para produzir algo significativo, sendo fundamental, segundo Wenger (1998, p. 10), encontrar “maneiras inventivas de engajar os estudantes em práticas significativas, de proporcionar acesso a recursos que incrementem a sua participação, de ampliar os seus horizontes para que se possam situar em trajetórias de aprendizagem com as quais possam se identificar e de envolvê-los em ações, discussões e reflexões que façam diferença para as comunidades que valorizam”.

5.1.2 A negociação de significado e os padrões da prática

A prática numa comunidade virtual apresenta características distintas daquelas observadas em situações presenciais, sendo tanto a maneira de expressar ideias e sentimentos como o modo de agir e de negociar diferentes daqueles usualmente utilizados nas instituições escolares.

Tomando o exemplo da programação dos robots, o projeto teve lugar num contexto virtual e assim, estando os contextos que contribuem para moldar a experiência de programar os robots estão profundamente relacionados no espaço e no tempo, programar os robots envolveu uma combinação de diversos fatores, de entre os quais o espaço físico e a iluminação existente na morada de cada um dos participantes, o seu contexto familiar, a formação de cada um deles, a experiência prévia com robots e os conhecimentos que possuíam de programação.

O próprio robot tem a sua história no contexto de cada um dos grupos, pois sua construção começou, partindo de peças LEGO soltas, com pequenos projetos individuais, cuja evolução para uma construção única teve de ser mutuamente negociada pelos participantes.

Por outro lado, programar o robot construído para chegar à solução de um dado problema-desafio exigiu a capacidade de interpretar esse problema e de conhecer uma determinada linguagem de programação. Neste sentido, pode-se dizer que o Diego contribuiu para o processo de negociação de significados, pois já conhecia algumas linguagens de programação e, da mesma forma, o próprio robot, como artefacto mediador da prática, contribuiu para o processo de negociação, por

refletir aspetos da prática do Diego enquanto aluno de programação, que nele haviam se consolidado.

As exigências e limitações impostas pelo projeto propiciaram a cada participante muitos momentos de negociação. Como construir o robot? Qual o problema-desafio a resolver primeiro? Que tópicos investigar? Qual a melhor maneira de resolver o problema-desafio? Reunir no feriado de Carnaval? Estas e outras questões geradoras dos diferentes momentos de negociação não conduziram apenas a situações de mútuo acordo entre os intervenientes, mas, mais do que isto, foram momentos importantes para o desenvolvimento da prática.

O excerto a seguir ilustra um desses momentos de negociação, referente à resolução do problema-desafio nº 2, mostrando que, embora possa haver discordância, o importante para a aprendizagem é o próprio processo de negociação:

Celso diz: *a linha é preta mas é uma linha, depois ainda existe a parte de dentro que é azul e a parte de fora que é branca. Eu sei que tou a ser teimoso mas é porque acho que tenho alguma razao. Ele precisa de detectar o ponto. nao tou a ver outra maneira*

Caetano diz: *mas podiamos fazer para se o valor fosse diferente do que ele estava a ler quando começou a andar*

Celso diz: *mas ele varia muito, ele esta a ler o vermelho numa leitura da 500, noutra da 540 ou menos de 500.*

Este problema-desafio, no qual o robot devia ser programado para reconhecer os pontos que iriam ser colocados sobre o quadrado existente na parte inferior do tabuleiro, como mostrado na Figura A.5, no Anexo A, originou muita discussão por parte dos intervenientes, pois os valores obtidos pelos sensores do robot ao passar pelos pontos variavam muito para uma mesma cor.

Como o Celso não havia percebido que o baixo nível de precisão do sensor de luz não permitia a adoção da abordagem para a deteção dos pontos que havia proposto, somente teve consciência da sua inviabilidade quando aceitou implementar e testar com o robot a solução alternativa sugerida pelos outros participantes, como mostra o excerto a seguir, o que evidencia o papel do robot no contexto dessa aprendizagem:

Celso diz: *qual é o intervalo que se usa?*

(...)

Celso diz: *Parece que tava enganado, ta a funcionar, desculpem a teimosia.*

As práticas evoluem como histórias partilhadas de aprendizagem resultantes da combinação da participação e da reificação entrelaçadas ao longo do tempo. O processo de reificação leva à renegociação do significado de produtos passados, não só pelas recordações que traz, mas também pela criação de identidades e,

consequentemente, pela necessidade de se reconhecer no próprio passado. As experiências de participação são convertidas em recordações e essas recordações e as suas interpretações são assumidas como trajetórias passíveis de serem interpretadas, sendo a interpretação dessas recordações em função de uma identidade tão importante para dar um sentido de continuidade à vida quanto as próprias memórias guardadas.

Wenger (1998) conceitua a prática como um processo de experienciar e engajar-se no mundo de forma significativa, afirmando ainda que participar no mundo é, acima de tudo, um processo de negociação de significado que envolve muito mais do que a linguagem ou a interação direta com outros indivíduos, sendo um processo contínuo que sempre gera novas circunstâncias para posteriores negociações e significados.

O diálogo a seguir ilustra um dos momentos de negociação entre os participantes, numa das sessões virtuais, onde era necessário definir a linguagem de programação que iriam passar a utilizar e também as implicações da escolha de uma ou outra linguagem:

Diego diz: *podem utilizar visual basic se quiserem. Eh muito mais facil e simples q C*

António diz: *mas eh muito diferente de C ?*

Diego diz: *eh como portugues e espanhol. Não falas direito mas percebes*

Décio diz: *alguem conhece pascal?*

Joel diz: *eu conheco mt bem!*

Décio diz: *entao se conseguires comparar era mais fixe*

Joel diz: *pascal e uma linguagem mais agradavel ao utilizador mas muito lenta. C eh menos agradavel, mas eh mais eficiente.*

Todo o percurso entre a escolha da linguagem de programação e a construção de programas capazes de fazer o robot materializar as soluções encontradas para os problemas-desafio propostos foi um processo contínuo, que gerou novos contextos para ulteriores negociações de significado. Os programas informáticos concluídos e os próprios robots, produtos desse processo de participação, resultaram na reificação dessa prática, criando, por sua vez, pontos de referência para a negociação de novos significados.

Cada um dos três grupos interpretou os problemas-desafio e formulou e descreveu soluções para os mesmos de diferentes maneiras, uma vez que a negociação do significado é um processo formado por diversos elementos que, por sua vez, acabam por afetar a eles próprios (Wenger, 1998). Portanto, ainda que tenham conduzido aos mesmos resultados, os programas desenvolvidos foram

diferentes, pois tanto os robots construídos quanto os intervenientes não foram os mesmos, tendo estes experiências e histórias de participação distintas naquela prática.

As estratégias utilizadas por cada um dos grupos para alcançar os resultados pretendidos também foram distintas. Num dos grupos, por sugestão do tutor, começaram por utilizar um fluxograma para tentar estruturar o pensamento. Surgiram naturalmente outras formas de representação, sendo uma delas a simulação por meio de animações em Flash, como mostra o diálogo a seguir:

Lucas diz: *eu sugeri o 7 que dizes gonçalo?!*

Gonçalo diz: *por mim vamos ao 7 até porque ainda não sei como resolver o 2*

Joel diz: *ok ide ao 7, pra quinta apresento uma proposta para o 2 toda direitinha e apresento o algoritmo*

Lucas diz: *ok tou de volta!! vou por no skydrive mais uma das minhas sugestoes SWF.*

Tais animações passaram a ser um instrumento importante para o entendimento do que era pretendido, pois, como afirma Wenger (1998), a reificação de uma atividade feita com recurso a um bom instrumento amplifica os seus efeitos, tornando-a mais acessível. Além disto, a repetição de procedimentos antes adotados criou um determinado padrão nas negociações de significado, dando assim origem a experiências significativas.

Um padrão que se tornou evidente foi a maneira de começar a programar a solução para um novo problema-desafio. Num dos grupos, cada um dos intervenientes costumava elaborar um programa de forma independente, somente depois passando à discussão dos mesmos, emergindo a negociação deste processo. Por vezes, assumiram que um dos programas assim desenvolvidos já incorporava a melhor estratégia para a resolução do problema-desafio e utilizaram a ideia dos outros somente para complementá-lo, tendo outras vezes os distintos esboços de programas desenvolvidos e as ideias neles contidas servido apenas de base para a discussão do melhor caminho a seguir.

5.1.3 O papel dos robots na prática

Pode-se observar como ocorre a aprendizagem olhando para o que os participantes fazem, dizem ou escrevem, porém, para explicar como e quando acontece a aprendizagem, é necessário conceituar processos abstratos que têm de ser emprestados das perspectivas teóricas sobre a aprendizagem.

A perspectiva sociocultural e o conceito de mediação tornam possível explorar dimensões interessantes sobre a relação entre os artefactos e a aprendizagem,

sendo a mediação, de forma genérica, um processo que determina a relação do indivíduo com os outros e com o mundo.

Os robots, aqui assumidos como artefactos tecnológicos primários na aceção de Wartofsky (1973), tiveram um papel central ao modelar a ação. A utilização de robots, da mesma maneira que os jogos (Vygotsky, 1978), pode ativar a esfera cognitiva, pois a sua manipulação é inerentemente motivadora de ações em situações imaginárias, permitindo aprender não somente pela perceção imediata dos objetos ou pela situação que a afeta de imediato, mas também pelo próprio significado dessa situação.

A interação é fundamental para a aprendizagem, seja com os pares ou por intermédio de artefactos, como os robots, uma vez que um indivíduo só aprende sozinho até determinado ponto, necessitando depois de outros indivíduos ou de artefactos que o auxiliem (Vygotsky, 1978).

A utilização de robots como artefactos mediadores da aprendizagem pode proporcionar o desenvolvimento de aptidões tais como raciocínio lógico, capacidade crítica, habilidades manuais e estéticas, relações interpessoais e intrapessoais, utilização de conceitos aprendidos em distintas áreas do conhecimento para o desenvolvimento de projetos, investigação e compreensão, representação e comunicação, resolução de problemas por meio de tentativa e erro, aplicação das teorias formuladas a atividades concretas e a utilização da criatividade em diferentes situações (Zilli, 2004).

Algumas dessas aptidões vêm ao encontro do que os programas curriculares da área de Informática pretendem que os alunos desenvolvam ao longo do curso, que incluem a capacidade de identificar os diversos fatores intervenientes num problema, utilizar diferentes estratégias para o tratamento dos dados, resolver problemas, encontrando soluções criativas e adequadas, fasear a resolução de um problema, usar metodologias de análise algorítmica, utilizar diferentes métodos algorítmicos, usar estruturas de decisão, utilizar estruturas de repetição, criar algoritmos estruturados e adaptar-se à evolução das linguagens de programação.

Uma maneira de focar o comportamento humano inteligente é considerá-lo como um processo de resolução de problemas e, portanto, como referido por Kvitca (1988), toda a tarefa computacional pode ser vista como um problema a ser resolvido. Os métodos tradicionais de ensino de Informática tendem a enfatizar conceitos e procedimentos abstratos, o que frequentemente faz com que os estudantes não consigam extrapolar o comportamento dos programas a partir desses conceitos. A utilização de robots como elementos mediadores pode ajudar a superar tal dificuldade, pois, enquanto ao programar numa linguagem de uso geral os estudantes são frequentemente obrigados a inserir, na fase de depuração do

código, instruções adicionais para a impressão do estado interno do programa fonte durante a sua execução, o estado de um robot fica praticamente evidente a partir do seu comportamento (Price, Richards, Petre, Hirst, & Johnson, 2003).

No projeto DROIDE VIRTUAL, o robot construído foi um objeto reificado, produto da experiência de cada um, a partir daquilo que consideravam ser o ideal para resolver os problemas-desafio propostos, sendo os conceitos adquiridos, as reflexões sobre cada programa construído e a sua possível aplicabilidade a uma nova proposta reificações decorrentes daquela prática. A dimensão tangível possibilitada pelo uso dos robots permitiu a assimilação e exploração de alguns conceitos e fez com que os participantes tivessem mais liberdade para criar. Por sua vez, o contexto das negociações e as reflexões desenvolvidas na prática da comunidade incentivaram a elaboração de melhores algoritmos para a resolução dos problemas-desafio propostos.

5.2 A participação na prática da comunidade DROIDE VIRTUAL

Os indivíduos são seres sociais que pertencem a diferentes comunidades, que tornam possível aos mesmos serem aquilo que são ou que desejam vir a ser. Nesse contexto social, assumem-se distintos papéis, consoante a comunidade em que se está inserido e aquilo que se quer conquistar.

Segundo Lave e Wenger (1991), aprender é uma parte integral da prática social derivada da vivência do mundo, ou seja, aprender não é apenas mais um processo dentro da prática, mas sim um aspeto central e inseparável da mesma.

Para esses autores, a prática social desenvolve-se nas comunidades de prática, tendo sido por eles denominado de participação legítima periférica o processo por meio do qual os recém-chegados se tornam parte integrante dessas comunidades.

Cabe aqui ressaltar que o termo **periferia** não está associado a nenhum lugar específico, nem implica que exista um centro ou núcleo na comunidade, assim como também não tem nenhuma conotação de inferioridade. Pelo contrário, é uma posição que estimula o desejo de transformar-se num participante pleno, o que habilita ao poder, bem como determina a trajetória de aprendizagem e define a identidade do participante.

No que respeita à comunidade que se desenvolveu no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL, pertencer e participar na sua prática gerou nos seus membros um sentido de responsabilidade e apropriação. A prática desenvolvida pelo grupo

de participantes, engajados na resolução dos problemas-desafio, conduziu à independência da comunidade.

Nas instituições de ensino, os espaços físicos, as cores das paredes, a disposição dos móveis e os locais de circulação de alunos e professores refletem a filosofia de trabalho das mesmas, manifestando os alunos as suas diferenças nas roupas que usam e no modo de falar e de agir, sendo nelas reconhecíveis alguns dos componentes de interação considerados importantes na teoria das comunidades de prática, como a presença e a interação face-a-face.

A virtualidade, por outro lado, leva à perda de alguns desses importantes componentes de interação, nomeadamente de elementos não-verbais que contribuem para o significado das mensagens (Rodríguez Illera, 2008).

No mundo virtual, é no ecrã que os saberes são partilhados e são desenvolvidas novas formas de linguagem e de cultura, sendo a aprendizagem construída nas comunidades virtuais por meio de atividades colaborativas. A adaptação a esse novo tipo de atividade, que implica estar sozinho à frente de um computador a resolver problemas em interação com um grupo virtual, embora possa seduzir alguns, certamente desmotiva a outros.

Na comunidade do DROIDE VIRTUAL, um dos membros, aqui identificado como Débora, aquando da sua integração no projeto, erroneamente entendeu que o trabalho a ser desenvolvido no âmbito de cada um dos grupos seria essencialmente presencial, o que permitiria uma interação face-a-face com os colegas da mesma localidade, sendo virtual apenas a comunicação entre tais grupos. Para algumas pessoas, o grau de vulnerabilidade que experimentam em encontros iniciais com outras pessoas é muito maior do que quando com pessoas do próprio grupo, o que as intimida. Não se sentindo confortável apenas com a interação virtual, a Débora percorreu uma trajetória para fora da comunidade.

Para outros, foi justamente a componente virtual que os motivou a participar, fazendo com que percorressem uma trajetória para o interior da comunidade com a intenção de se tornarem participantes plenos.

É importante destacar que uma trajetória para o exterior da comunidade, como aquela antes descrita, também pode conduzir ao estabelecimento de novas relações e ao desenvolvimento de uma nova visão do mundo, da comunidade onde se esteve integrado e de si mesmo (Wenger, 1998), não podendo assim ser encarada como negativa.

5.2.1 Motivos para participar

Os motivos que levam uma pessoa a participar em determinadas práticas podem ser difíceis de perceber quando se está na posição de observador externo, pois podem ser de natureza diversa. Assim, dentro dos cenários mais óbvios, alguns dos aspetos que podem ter tido influência na decisão que levou os jovens a participar no projeto DROIDE VIRTUAL incluem a questão de autoestima, de sentir-se importante, de agradar o professor, de fazer parte de um projeto da universidade, de trabalhar com robots, de programar ou, ainda, o desafio imposto pela competição e até mesmo a componente virtual.

Dentre essas razões, a que ficou mais evidente foi a possibilidade de programar os robots. Como escreveu um dos intervenientes, “poder participar no desenvolvimento do projeto DROIDE foi sem dúvida um grande complemento para as minhas capacidades de programação; nunca tinha programado robots ou qualquer outro dispositivo que me permitisse ver os resultados acontecerem no mundo real e, como tal, achei o projeto de extremo interesse desde o início”.

No entanto, o que os manteve juntos neste empreendimento foi o facto de quererem vencer a competição. Cada um dos intervenientes teve, certamente, uma motivação mais forte para participar, também reforçada por outros aspetos, sendo, por exemplo, um dos possíveis motivos, ainda que não explícito, a privacidade visual proporcionada pela componente virtual. Tal facto ficou evidente em determinadas situações, nomeadamente quando alguns dos participantes não quiseram colocar uma foto que os identificasse, não focaram a sua imagem aquando das sessões em vídeo ou, ainda, quando aparentemente não dispoñdo de uma *webcam*, recusaram a que lhes foi oferecida pelo projeto.

Wenger (1998) afirma que a característica definidora da participação é a possibilidade de desenvolver uma certa identidade construída mediante relações de participação, alegando que participar é um processo complexo, que conjuga o fazer, o falar, o pensar, o sentir e o pertencer, nele havendo um envolvimento integral, abrangendo o corpo, a mente, as emoções e as relações sociais.

A imagem que um indivíduo tem de si, bem como a que o outro dele faz, também passa pela imagem transmitida pelo aspeto visual. Assim, a privacidade visual poderia ser importante para, recorrendo ao anonimato propiciado pela ocultação das características físicas possível numa interação virtual, desenvolver uma identidade de participação livre de fatores inibidores.

Pode-se participar em diversas comunidades e, portanto, ter-se diferentes práticas, que por vezes são totalmente opostas e refletem formas distintas de individualidade e de resposta ante as mesmas circunstâncias.

Quando os recém-chegados ao DROIDE VIRTUAL verificaram que não existia a figura do professor para assumir a liderança, a comunidade escola chocou-se com a comunidade DROIDE VIRTUAL. Segundo Wenger (1998), é frequente os novatos terem de lidar com formas de individualidade e de competência que entram em choque entre si, por estarem definidas em comunidades distintas.

O desenvolvimento da autoconfiança parece ter sido mais um motivo implícito para a participação no projeto, como expressou um dos participantes relativamente ao seu envolvimento no mesmo: “Foi uma boa experiência. Eu não tinha tanta confiança”.

O Diego tinha experiência em competições, pois costumava participar nas Olimpíadas Nacionais de Informática e, portanto, para ele, os fatores programação e competição foram motivos pelos quais veio a se interessar em participar. Ao mesmo tempo, o Diego é curioso, gosta de poder mexer, criar e testar, como deixou explícito durante as suas intervenções quando, por exemplo, contou as experiências de montagem de computadores num aquário. Portanto, o robot foi também um motivo, pois permitia construir, criar e testar.

A Débora, por sua vez, frequentava o curso de Informática e o robot foi a aparente motivação para a sua participação, porém, como deixou explícito, pensava que iria trabalhar com os colegas da escola e, quando percebeu que não seria assim, acabou por deixar o grupo. Assim, o motivo principal não foi o robot, mas o grupo da escola ou mesmo outro motivo não identificado.

A motivação do Dinis, do Jorge e do Ilídio certamente foram os robots, pois já haviam participado de atividades do projeto DROIDE.

O Rúben, o Tomás e o Bento também ingressaram pela curiosidade em programar os robots e pela atração pela componente virtual, que possibilitava a participação a partir das suas casas.

Já o António, o Caetano e o Gonçalo resolveram começar a aprender a programar, pois queriam fazer parte do projeto. Como já participavam em outros projetos com robots, pode-se dizer que este foi um motivo, porém o facto de começarem a aprender a programar para participar, pode também levar a pensar que a competição poderia ser o motivo principal e que, na verdade, estavam a se preparar para tentar vencê-la. Por outro lado, a professora desses três intervenientes foi uma das tutoras que participaram no projeto, sendo a sua postura ao apoiar os integrantes do grupo Dv3 idêntica à que costuma ter na sala de aula, como ela própria referiu, ou seja, participar em outro contexto junto com a professora pode também ter sido um dos motivos de interesse não explícitos.

O Joel e o Renato queriam muito participar no projeto e, mesmo esgotado o número de robots disponíveis, pediram para inicialmente partilhar um robot com outro colega. Durante as reuniões, mostravam-se insatisfeitos caso fosse a sua vez de ficar com o robot e houvesse algum imprevisto que impedisse o colega de disponibilizá-lo. Assim, para estes dois intervenientes, o robot parece ter sido o principal motivo da sua participação.

Por sua vez, o que levou o Lucas e o Celso a participar foi o facto de poderem programar os robots. Para eles, era a união perfeita, pois gostavam de programação e podiam, assim, agregar um objeto que lhes despertava curiosidade àquilo que mais os atraía.

Portanto, os robots, a programação e a competição, não necessariamente nesta ordem, podem ser considerados os principais motivos que levaram a maior parte dos intervenientes a participar no projeto DROIDE VIRTUAL.

5.2.2 Formas de participação

Lave e Wenger (1991) introduziram a expressão participação legítima periférica e associaram a aprendizagem à participação, dando destaque às comunidades de prática, por serem estas os locais onde se aprende participando, e vice-versa, tendo ainda destacado que a legitimidade da participação advém do envolvimento no que é próprio da prática e não apenas da aprendizagem dela decorrente.

Para esses autores, são três as dimensões da aprendizagem enquanto participação: a legitimidade da participação, que estabelece a pertença ao grupo, a periferia da participação, que define o posicionamento no mundo social em decorrência da modificação de perspetivas e de posicionamentos ao longo do percurso de aprendizagem, e a legitimidade da periferia, que envolve relações de poder.

O carácter de periferia pode ser legitimado por meio do acesso a uma crescente participação, situação esta que confere poder, podendo também haver legitimidade para impedir um maior envolvimento na participação, forçando assim à manutenção de uma posição periférica e impedindo o acesso ao poder.

Olhando sob essas três dimensões, o grupo de jovens que tomou parte neste estudo iniciou um processo de pertença a um grupo social, o da comunidade do projeto DROIDE VIRTUAL, que os definiu como pertencentes a este grupo e conferiu legitimidade à sua participação. O percurso seguido, bem como o posicionamento assumido na comunidade ao longo do processo de aprendizagem, decorreu do envolvimento e das perspetivas de cada um dentro da mesma, constituindo-se,

assim, num caminho complexo, que envolveu de maneira distinta cada um dos participantes.

Na primeira fase da prática, quando tiveram de escolher a linguagem de programação a ser utilizada, tornou-se claro que o Diego, o Celso e o Lucas eram os mais experientes, mesmo para o Joel, o Renato e o Dinis, que também possuíam conhecimentos de programação. Os demais assumiram uma participação periférica, ouviram as explicações e não participaram na escolha. O facto de não terem opinado não significa que estivessem alheios, pois, na verdade, não perceber todo o contexto do que é exposto pelos mais experientes torna-se significativo se a experiência de não-participação estiver alinhada com uma trajetória de participação.

Na segunda fase, durante o processo de apropriação das ferramentas, quando os intervenientes exploraram a plataforma e construíam os robots, todos tinham uma participação plena em relação ao que deveria ser feito, porém, quando começaram a elaborar os primeiros programas, alguns assumiram novamente uma participação periférica, até conseguirem apropriar-se da terminologia e dos conceitos básicos da programação, o que permitiu o seu reposicionamento na comunidade.

Como exemplo, os excertos a seguir, referentes a reuniões virtuais realizadas em três datas distintas, mostram parte do percurso de aprendizagem de um dos participantes, identificado como Caetano, bem como evidenciam a mudança do seu posicionamento dentro da comunidade.

Na reunião virtual realizada no dia 11 de janeiro, o Caetano deixou transparecer o seu desconhecimento relativamente à programação:

Celso diz: *acho que o mais complicado é mesmo a construção do robo*

Caetano diz: *eu acho mais complicado a programação*

Celso diz: *é assim, sabes o que sao funcoes?*

Caetano diz: *acho que não.*

Transcorridas algumas reuniões, no encontro do dia 26 de janeiro começava a se tornar evidente a apropriação do repertório no que se refere à programação, sendo o Caetano já capaz de desenvolver de forma autónoma o esboço de uma possível solução computacional para o problema-desafio em questão:

Celso diz: *manda-me o codigo todo do teu projecto*

Caetano diz: *ok*

Celso diz: *ta fixe, mas falha um bocadinho*

Caetano diz: *pois, deve ser da roda de tras, não sei*

Celso diz: *ta quase perfeito, uns pequenos ajuste e da.*

Logo no início do mês seguinte, na reunião realizada a 1 de fevereiro, as suas intervenções já mostravam uma postura totalmente distinta, decorrente da sua participação nessa prática, como mostra o diálogo a seguir transcrito:

Celso diz: *eu tou a criar um novo projecto*

Caetano diz: *não é preciso*

Celso diz: *eu quero criar um de raiz*

Caetano diz: *ok, como queiras*

Caetano diz: *void setLightSensor(int port)*

Sets a light sensor at the given port.

Parameters: port The block sensor port. Must be one of the following: 1,2,3,4.

Celso diz: *isto é para ligar nao? sabes em que porta liga este sensor?*

Caetano diz: 3.

Da participação do Caetano, evidenciada nos excertos antes reproduzidos, pode-se inferir que o mesmo rapidamente percorreu uma trajetória em direção ao centro da comunidade.

Para Wenger (1998), a participação não é equivalente à colaboração, pois molda não só a experiência de cada indivíduo, mas também a comunidade em que estes estão inseridos, transformando a ambos, sendo a participação, neste sentido, fonte de identidade.

Quanto à terceira dimensão antes referida, e ainda analisando a participação do Caetano, foi notória a sua mudança para uma posição mais periférica quando o colega Renato começou a participar nas reuniões virtuais, sendo aqui importante esclarecer a situação deste último no âmbito do grupo Dv2. Embora o Caetano inicialmente mantivesse uma forte interação com o Celso, como evidenciam as anteriores transcrições parciais de três das reuniões virtuais realizadas, este último tinha o Renato como colega de aula na escola que ambos frequentavam, mantendo assim com o mesmo outro tipo de relação, de maior proximidade.

Como afirma Fernandes (2004) relativamente à legitimidade da periferia, esta pode ou não conferir poder, permitindo ou evitando a articulação e o intercâmbio no seio das comunidades de prática, o que levanta algumas questões. Seria o afastamento temporário do Caetano uma maneira de perceber quem era o Renato e avaliar o nível das suas intervenções? Seria tal mudança para uma participação mais periférica decorrente da sua intimidação, por reconhecer no Renato alguém com mais conhecimentos ou por este manter com o Celso uma relação distinta da sua? Seria para perceber como decorreria a reunião sem a sua participação ativa? Ou seria apenas para permitir que houvesse mais articulação entre eles e, assim, promover um maior intercâmbio na comunidade? Infelizmente,

em função da complexidade do vasto espaço de identidades parcialmente ocultas pela barreira propiciada pela componente virtual, muitas perguntas, como as anteriores, ficaram sem resposta.

No entanto, é importante aqui referir que são as experiências de participação e não-participação, constantemente influenciadas umas pelas outras, que fazem com que uma experiência de aprendizagem seja significativa.

Wenger (1998) destaca dois casos de interação entre participação e não-participação: o caso da periferia, onde domina a participação, sendo a não-participação um fator que a torna possível, e o caso da marginalidade, onde domina a não-participação, limitante de uma participação plena.

A distinção entre esses dois casos, isto é, o facto da não-participação se tornar periférica ou marginal, depende das relações de participação definidas pelas trajetórias, que levam a que a não-participação possa ser colaborante ou problemática.

Essas combinações entre participação e não-participação revelam o poder dos indivíduos e das comunidades, pois definem as influências e relações que possam vir a ter com o resto do mundo. Wenger *et al.* (2009) afirmam que muitos dos subscritores de fóruns e listas de discussão raramente, ou mesmo nunca, interagem com o grupo, costumando apenas ler as mensagens por outros enviadas. Esses leitores, conhecidos como *lurkers* na cultura da Internet, são participantes legítimos periféricos. As comunidades virtuais de prática oferecem oportunidades de aprendizagem para estes membros que se encontram na periferia, os quais, com frequência, acabam por levar essa aprendizagem a outras comunidades de que participam.

No caso da comunidade do projeto DROIDE VIRTUAL, um exemplo dessa participação periférica é o percurso de atuação do membro aqui identificado como Jorge, que assumiu a posição de *lurker* na maioria das reuniões virtuais. O referido participante frequentava o 12º ano do Curso Tecnológico de Informática e estava a fazer estágio numa empresa de informática durante o período de desenvolvimento do projeto, não sendo, portanto, um leigo no assunto. Porém, como optou por não instalar em seguida a plataforma de programação adotada, manteve-se numa posição essencialmente periférica durante as primeiras reuniões.

Posteriormente, após a instalação da plataforma DROIDE MLP, contribuiu de forma efetiva para a resolução de dois dos problemas-desafio. Entretanto, uma avaria física do disco rígido do seu computador levou-o a perder todos os programas que havia desenvolvido e instalado. A partir desse momento, voltou novamente a assumir uma posição de *lurker*, apenas acompanhando os diálogos dos demais

participantes, tendo mesmo optado, algumas vezes, por não comparecer às reuniões virtuais, tendo tido, porém, uma participação ativa na reunião presencial final, demonstrando, de forma clara, que esteve efetivamente a acompanhar o desenrolar das reuniões virtuais.

5.2.3 Modos de pertença

Segundo Wenger (1998), para compreender os processos de formação de identidade e aprendizagem, deve-se considerar três modos distintos de pertença:

- o engajamento, isto é, a intervenção de forma ativa em processos mútuos de negociação de significado;
- a imaginação, que envolve a criação de imagens do mundo e o desenvolvimento de conexões no tempo e no espaço, fazendo extrapolações a partir da própria experiência;
- o alinhamento, ou seja, a coordenação da nossa energia e das atividades, de forma a encaixarem-se dentro de estruturas mais amplas, contribuindo assim para empreendimentos de maior dimensão.

O engajamento é um processo que incluiu a conjunção de três aspetos, nomeadamente a negociação de significado, a revelação de histórias da prática e a formação de trajetórias, abordados sucintamente a seguir.

Criar propostas com significado e adotá-las é um trabalho que requer engajamento mútuo, pois quando se busca um empreendimento conjunto, os processos de produção e de adoção de significado têm de caminhar juntos, contribuindo os novos significados para o empreendimento à medida que forem sendo adotados pela comunidade, sendo estes dois processos normalmente difíceis de distinguir, por estarem entrelaçados de uma maneira muito estreita e dinâmica.

Por exemplo, na comunidade DROIDE VIRTUAL, aqueles integrantes que inicialmente não percebiam de programação começaram a participar e a adquirir a linguagem própria dessa área por meio da interação entre a produção e a adoção de significado. Não foi pura produção, pois a linguagem já existia, mas tampouco foi uma simples adoção, uma vez que os participantes estavam a intervir na prática onde a linguagem estava a ser empregue, tendo tido estes a oportunidade de explorar os significados na prática e desenvolver uma capacidade cada vez maior de negociá-los de uma maneira produtiva.

No caso em que a produção e a adoção de significado estão constantemente separadas, a distinção entre as mesmas converte-se numa questão de marginalidade e, por conseguinte, pode levar à não-participação. Os membros

cujas contribuições nunca são adotadas tendem a desenvolver uma identidade de não-participação, que acaba progressivamente por marginalizá-los.

Por outro lado, a imaginação é um modo de pertença que requer a capacidade de explorar e de aventurar-se. O indivíduo reinventa-se e reinventa os seus empreendimentos, as suas práticas e as suas comunidades, criando novas situações de aprendizagem. Em relação à participação, a imaginação é a responsável pela liberdade, pela energia e pelo tempo para se expor ao que é desconhecido (Wenger, 1998), permitindo ao indivíduo mover-se e explorar novas relações e identidades.

Pode-se, assim, presumir que o António e o Caetano, que inicialmente não dispunham de conhecimentos de programação, conseguiram encontrar soluções para os problemas-desafio propostos justamente pelo facto da imaginação ter sido um dos modos de pertença por eles utilizado.

No mundo virtual, a imaginação é um dos modos de pertença que emprega a reificação — que fornece instrumentos para a imaginação por meio, por exemplo, de mapas, imagens, relatos e simulações — para criar conexões com quem está ‘do outro lado’. No âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL, tal reificação foi observada, por exemplo, nos pequenos vídeos desenvolvidos no Adobe Flash pelo Gonçalo, objetivando simular aquilo que imaginava ser o comportamento do robot.

5.2.4 O papel dos tutores

Segundo Martínez (2003; 2004), num contexto virtual de aprendizagem, os tutores desempenham duas funções fundamentais, nomeadamente fornecer *feedback* e gerir e reforçar as relações entre os participantes. Assim, o papel do tutor não está apenas no estímulo à execução das atividades, pois este, além de sugerir, instigar e acolher, também articula conhecimentos, capacidades, habilidades, práticas e experiências, tanto de ordem cognitiva como relacional.

A participação dos tutores na aprendizagem dos integrantes do projeto DROIDE VIRTUAL evidencia-se na dinâmica dos grupos, na forma como estes se engajaram e também no repertório que partilharam, procurando-se, no que se segue, olhar para a participação dos intervenientes, dentro do grupo em que estavam inseridos, com uma especial atenção para o papel dos tutores.

Cada um dos participantes pertence a diversas comunidades, que, no seu conjunto, constituem a sociedade na qual se inserem, sendo a identidade de cada um decorrente da sua interação com essa mesma sociedade. Assim, a análise que se segue representa a visão de uma observadora externa, que desconhece as

comunidades das quais cada um faz parte e que só pode fazer inferências sobre o que conseguiu captar do discurso da prática desses intervenientes.

Caetano, Celso, Jorge, Renato e Mário

Neste grupo, o Caetano e o Celso sempre estiveram presentes em todas as reuniões, acabando por estabelecerem uma relação de confiança um com o outro que fez com que o Jorge e o Renato assumissem posições mais periféricas e uma identidade de não-participação, apenas concordando com as sugestões dos demais e, eventualmente, pedindo esclarecimentos sobre um algum ponto que não havia ficado claro.

Embora o Celso exercesse um papel de liderança, buscava sempre a opinião do tutor e, mesmo fora das reuniões, procurava-o na escola, uma vez que este era também seu professor. No entanto, não aceitava todas as opiniões, refutando as ideias de que discordava, como ilustra o excerto a seguir:

Celso diz: *nao tas a perceber, tamos a falar da nossa ideia e do comentario que o stor fez a ela.*

Caetano diz: *ele disse que a nossa ideia podia nao ser fiável, certo? Entao fazemos como ele disse?*

Celso diz: *mas na verdade a dele pode tambem levar ao mesmo problema, ou ate um mais grave. Nao parece, mas ele deu-me uma ideia, sabes o que sao vectores em programacao?*

Caetano diz: *não, sei so em matematica e física, porque não tenho programação*

Celso diz: *e muito diferente, sao variaveis que tem um índice e cada indice representa uma posição*

Caetano diz: *índice, como assim?*

Celso diz: *ou seja, numa variavel podes guardar n valores*

Caetano diz: *conjunto de valores?*

Celso diz: *imagina, isto e uma variavel e em cada divisao tem valores que sao completamente independentes, percebes?*

O tutor, entretanto, disse-lhes que o recurso a um vetor era desnecessário, explicando-lhes como poderiam proceder:

Mário diz: *a primeira leitura é o 1º valor lido, depois de verificar que é uma cor*

Celso diz: *mas esse vai ser o branco e para isso tem um ciclo*

Mário diz: *depois de verificar q é uma cor <> branco*

Celso diz: *era o que eu dizia, mas na verdade a sua ideia tambem tinha um pouco este erro, mas acaba por ser corrigido*

Mário diz: *acho q não*

Celso diz: *talvez sim talvez nao*

Caetano diz: *percebo o que o Celso esta a dizer, mas tambem agora que vejo eles têm sempre espaço, portanto so conta um*

Mário diz: *claro Caetano*

Celso diz: *eu tinha compreendido de outra forma. Stor nao e por achar que a sua ideia esta mal, mas acho que se calhar deviamos fazer estas alteracoes no nosso que e mais facil de alterar.*

Embora este excerto possa levar a pensar que o Mário, que exercia o papel de *old-timer*, estava a tentar impor as suas ideias, não propiciando aos participantes os questionamentos que levassem à tomada de decisões e à escolha do caminho a seguir para a implementação do plano que antes haviam elaborado, há que ter em conta ter sido esta uma das últimas reuniões e que a pressão fazia-se já sentir.

Além disso, a posição assumida pelo Celso indica claramente que os participantes já haviam explorado um possível caminho e que só depois o tutor tinha expressado a sua opinião. Torna-se também evidente, a partir da análise da prática, que este tutor, enquanto docente, procurava promover situações de aprendizagem que estimulassem a autonomia e o pensamento crítico, pois, em todos os grupos, a posição de liderança acabou por ser assumida por participantes que eram também seus alunos na escola, tendo todos eles sido sempre os promotores das negociações, contestando quando não concordavam com algum ponto e deixando sempre a sua contribuição sobre todos os temas.

A maior parte dos diálogos aqui usados para exemplificar e ilustrar determinadas situações pertence ao Caetano e ao Celso, pois entre eles houve, por assim dizer, um reconhecimento mútuo de capacidades, sendo frequente que, mesmo fora dos horários das reuniões, conversassem sobre o que haviam conseguido fazer a respeito dos problemas-desafio propostos. Para o Caetano, o Celso era quem sabia programar, sendo alguém que merecia respeito pelo conhecimento que demonstrava e pelo trabalho que desenvolvia. Por sua vez, para o Celso, o Caetano era alguém que merecia confiança, pois, embora lhe faltassem conhecimentos de programação, era esforçado e trabalhador e as suas propostas sempre haviam sido previamente testadas, uma vez que tinha o robot montado desde a primeira reunião.

Quando o Renato, colega do Celso na escola, começou a participar nas reuniões, o Caetano acabou por assumir uma posição mais periférica, que se manteve até ao momento em que o Celso voltou a solicitar a sua ajuda, tendo esta parceria vindo a se consolidar ao longo das restantes reuniões, ao mesmo tempo em que o Renato e o Jorge gradualmente assumiam identidades de não-participação.

O Renato, quando fez a sua apresentação ao grupo, disse ser amigo do Celso, estatuto este que provavelmente não tenha mudado, embora nas reuniões

tenha deixado de ser importante, levando o Renato a intervir com menos frequência, até porque a sua intervenção passou a ser menos solicitada.

O Jorge, por seu turno, participou ativamente das primeiras reuniões, correspondentes a cerca de um terço do seu número total. Posicionou-se inicialmente como um conhecedor tanto de programação quanto do trabalho com robots, porém, possivelmente em decorrência da grande carga de trabalho que tinha por ser finalista do Secundário e estar simultaneamente a realizar um estágio profissional, aliada ao facto da participação legítima periférica requerer menos tempo, esforço e responsabilidade no trabalho do que o exigido aos participantes plenos, acabou por assumir uma posição mais periférica. De acordo com Lave e Wenger (1991), uma maior participação na prática envolve não apenas um compromisso de tempo, mas também mais responsabilidade dentro da comunidade, com a execução de tarefas mais difíceis ou arriscadas, o que leva ao aumento da sensação de identidade como um membro capacitado.

Lucas, Joel, Gonçalo, Décio e Patrícia

Neste grupo, todos participaram ativamente, dificilmente falhando a uma reunião, não tendo sido observada nenhuma trajetória para a periferia, tendo todos, antes pelo contrário, percorrido trajetórias para o interior da comunidade.

O Décio, por ser o novato, era naturalmente o mais acanhado nos momentos de negociação. O Lucas, por sua vez, foi o maior responsável, neste grupo, por manter o engajamento, pois procurava sempre a cooperação de todos, sendo notório esse engajamento mútuo na quantidade e qualidade das interações e na diversidade de material que produziram e disponibilizaram no SkyDrive.

Os participantes, mesmo quando tinham de se ausentar temporariamente para o jantar, costumavam retornar rapidamente à reunião, conservando o mesmo entusiasmo na participação do que aqueles que nela haviam permanecido.

Neste grupo, inicialmente todos trabalhavam num único problema-desafio, porém, percebendo a tutora que o ritmo das reuniões estava a diminuir e que as discussões centravam-se por vezes apenas em dois dos participantes, optou por uma estratégia de dividir para conquistar, fazendo com que passassem a trabalhar aos pares, ficando também cada participante responsável por explorar previamente, de forma individual, um problema-desafio distinto. A tutora tinha também por hábito questioná-los, de forma a que pudessem tirar as suas próprias conclusões, situações essas ilustradas, ainda que indiretamente, no excerto a seguir:

Joel diz: *sao agora 20h00 ja podemos trabalhar!*

Patrícia diz: *já vi que estão todos no seu melhor, vamos trabalhar*

Joel diz: *ja tenho a minha proposta de resolucao do 2 no skydrive
ainda em word*

Lucas diz: *ainda nao vi joel!*

Gonçalo diz: *testaste?*

Joel diz: *ainda ta em especie de fluxograma, de tudo o que o programa
tem de fazer, tem tambem toda a matematica inerente ao
programa. Tou e com uma duvida que pode ser considerada
estupida: como ponho no programa?*

Patrícia diz: *então o que retorna o método?*

A tutora, ao mesmo tempo em que procurava introduzir novas noções que pudessem facilitar a elaboração dos programas, costumava indicar caminhos onde fosse possível buscar mais informação, como se depreende do diálogo a seguir transcrito:

Joel diz: *eu quero usar isto pa marcar os pontos. mas nao tou a
perceber como escrevo a funcao.*

Patrícia diz: *sabe o que é bool?*

Joel diz: *sim e uma variavel booleana ou e 1 ou e 0*

Patrícia diz: *ou seja se a função for verdade retorna 1 ou true*

Joel diz: *sabe se o c++ tem funcoes trigonometricas?*

Patrícia diz: *[http://www.cplusplus.com/reference/clibrary/cmath/
sin.html](http://www.cplusplus.com/reference/clibrary/cmath/sin.html).*

Muitos outros momentos podem ilustrar a prática deste grupo, pois foi o que mais repertório produziu. Um desses momentos envolve o contato estabelecido pelo Lucas com a sua tutora fora do horário das reuniões, ainda durante a fase inicial do projeto, mostrado a seguir, objetivando resolver alguns pequenos problemas, quando ainda estava a montar e a testar o robot:

(...)

Patrícia diz: *mas aparece o texto?*

Lucas diz: *sim, numa janela de consola, igual a imagem que mandei!*

Patrícia diz: *não tenho aqui o ficheiro que me mandou, fiquei com ele
no computador do trabalho. Verifique as portas do motor*

Lucas diz: *B e C*

Patrícia diz: *e os cabos estão mesmo na b e c*

Lucas diz: *sim!*

(...)

Lucas diz: *CONSEGUI!!! ESTA A ANDAR!!*

Patrícia diz: *BOA! PARABÉNS! como resolveu?*

Lucas diz: *Desinstalei o controlador, reinstalei e como ele associou
novamente a COM15 tive que o mudar a força!! foi as
propriedades e mudei a COM do controlador!!*

Patrícia diz: *muito bem! PARABÉNS!!!! agora siga em frente.*

Normalmente, para estas situações mais triviais, tinham a tendência de procurar o próprio professor e não o tutor, porém, neste caso, o Lucas pediu ajuda a Patrícia, o que pode ser justificado pelo facto de saber que ela estava acostumada a trabalhar em projetos com robots e o seu professor não, ou, ainda, por ter a tutora sempre uma postura positiva e entusiasta, que os motivava e fazia com que as reuniões durassem muito mais tempo do que o previamente estabelecido. Os demais membros do grupo costumavam também recorrer ao auxílio da tutora, pois sempre que precisaram esta esteve disponível, o que levou à criação de laços de amizade e respeito, fazendo com que se sentissem à vontade para pedir ajuda.

O Lucas iniciou o seu percurso com cautela, tentando conhecer os seus colegas de grupo. Na segunda reunião, perguntou à tutora se podia incomodá-la fora do horário das reuniões, tendo esta imediatamente respondido que estava sempre disponível e que o mais importante era poder partilhar conhecimentos. A partir dessa reunião, o Lucas começou a sentir-se bem integrado, mostrando-se à vontade nas suas interlocuções. Como antes referido, o Lucas teve um papel importante na união e no repertório desenvolvido pelo grupo, o que em parte foi motivado pela tutora, que reconheceu ser ele a pessoa mais capaz para estabelecer laços com os demais participantes. Assim, neste grupo, tanto o Lucas quanto a tutora tiveram um papel importante no desenvolvimento da prática, permitindo que todos desenvolvessem identidades de participação.

O Joel, por seu turno, desde o início assumiu quem era, tendo na segunda reunião dito à tutora que esta não iria gostar de tê-lo como aluno, tendo esta imagem que tinha de si próprio sido corroborada pelo colega Lucas. Para alguns docentes mais tradicionais, o Joel poderia ser considerado um elemento perturbador, pois tinha sempre alguma coisa a dizer fora do que estava a ser tratado. Gostava de provocar o Lucas, colega de escola, tendo sido o elemento que mais expôs ao grupo a sua vida pessoal. Ao mesmo tempo em que assumia a imagem de que não era um estudante considerado desejável, mostrava-se também muito firme nas opiniões, tendo sido responsável pela elaboração da maioria dos artefactos em Flash que o grupo partilhou.

Já o Gonçalo era mais tímido, não costumando participar nos momentos mais descontraídos das reuniões virtuais, tendo procurado compensar com muita dedicação e trabalho a sua falta de conhecimentos de programação. No entanto, como sempre era o primeiro a utilizar o robot para testar os programas, os demais passaram a indagá-lo sobre os resultados, tendo estabelecido uma relação de confiança com o Lucas justamente pela dedicação que sempre demonstrou.

O Décio, por sua vez, era o mais novo do grupo e o único no 10º ano, mas nem por isso sentiu-se intimidado, embora inicialmente tenha sido mais cauteloso,

mantendo-se numa posição mais periférica, trajetória esta que foi se modificando à medida que o Lucas passou a pedir-lhe opiniões, a questioná-lo e a explicar-lhe conceitos que ainda desconhecia, procurando sempre traçar um paralelo com a linguagem de programação Pascal, que o Décio estava a aprender na escola.

António, Diego, Dinis e Leandro

Este grupo era composto apenas por três elementos, tendo por isto havido algumas reuniões envolvendo somente um desses elementos e o tutor do grupo. Talvez pela mesma razão, as reuniões deste grupo tendiam a apresentar muitos momentos sem interação, tendo havido por diversas vezes a necessidade do tutor intervir no sentido de promovê-la. Além disto, nas ocasiões em que apenas um dos elementos compareceu às reuniões, o Leandro teve de intervir de forma mais ativa, objetivando promover o diálogo, a afluência de ideias e a reflexão sobre as tomadas de decisão.

O tutor, no entanto, teve de faltar a várias reuniões e, em outras, não conseguiu estar *online* no horário combinado, o que, além de levar os demais participantes a também chegarem atrasados, fez com que, por vezes, ficasse um tanto perdido durante o decurso das reuniões, alterando o seu ritmo, como mostra o diálogo a seguir:

Leandro diz: *bom, então, contem-me as novidades?*

Dinis diz: *bem eu tou na mesma...desafio 1 nao ta assim a funcionar muito bem, faltam uns pequenos retoques xD*

António diz: *eu testei o nº3 e tava-me a dar erro*

Dinis diz: *o 3 ta com problemazitos :x*

Leandro diz: *hum q erro no 3?*

António diz: *eu disse na ultima reunião, tipo compila bem mas dps da um erro.*

Neste grupo, ficou claro a todos que o Diego era quem melhor sabia programar, o que fez com que os demais participantes muitas vezes não tomassem a iniciativa. Objetivando dinamizar as reuniões, o tutor por várias vezes tentou estimulá-los a avançar sem o Diego, questionando-os sobre novas possibilidades e incentivando-os a prosseguir na resolução dos problemas-desafio, como ilustra o seguinte excerto:

Leandro diz: *Já testei o desafio 3 no meu robot. O erro que deu ao António tem a ver com a execução e é difícil perceber por causa dos códigos. O que posso dizer é que tive de fazer algumas alterações para o programa funcionar. Vocês são uma equipa e não podem esperar pelo Diego, tem de pensar como resolver! Será que não existem outras estruturas de repetição que podem ser usadas? Será que o facto do ciclo while não permitir a leitura antes de executar pode influenciar a resolução?*

O Diego, por seu turno, tendia a irritar-se com os erros primários dos demais participantes, acabando muitas vezes por programar sozinho. Após ter chamado a sua atenção para este facto, começou a falhar às reuniões e mesmo a deixar que os outros dois elementos descobrissem por eles próprios como fazer. Posteriormente, após ter com ele conversado em privado, objetivando mostrar a importância da sua participação no grupo, uma vez que os demais participantes haviam criado uma imagem do papel que deveria desempenhar, mudou radicalmente de atitude, tornando-se mais paciente e assumindo uma postura de maior cooperação e liderança, como ilustra o diálogo a seguir transcrito:

Alcione diz: *Já devem saber que o Leandro vai estar ausente até dia 10 de Março. Quero saber se gostariam que neste período a Patrícia, tutora do DV3, estivesse com vocês?*

Diego diz: *nao axo q seja necessario*

(...)

Alcione diz: *Bom, então podemos de início ver em que ponto ficou o desafio que estavam a trabalhar. O que falta para que esteja tudo a funcionar?*

António diz: *ha uma coisa no da distancia que nao percebo*

Diego diz: *as in?*

António diz: *temos um while sem nada*

Diego diz: *sim, mas tipo, se eu fizer while (1==1) {} num programa ele n faz nada e fica la parado as voltas. O chamado ciclo forever, e nos fazemos while (distancia<10){}.*

(...)

Diego diz: *podes fazer isso, mas assim tas a dizer andapafrente. Ele liga os motores para andar ate tu mandares parar, pk essa função nao tem limite de execução. O unico limite do robot.forward e a bateria. Percebeste??*

António diz: *yaaaaaaaaa.*

A partir dessa reunião, e faltando apenas mais sete para o final da competição, as intervenções propiciaram muitos momentos de negociação, tendo o António, que ao início do projeto não sabia programar, conseguido ganhar alguma autonomia no desenvolvimento dos seus próprios programas a partir dos questionamentos, dos exemplos e das sugestões recebidas dos demais intervenientes.

Na primeira reunião em que todos se sentiram capazes de contribuir, que foi também a primeira em que estiveram 2h30 sempre a interagir, houve uma interação mais efetiva entre os três participantes, como ilustra o excerto a seguir, tendo todos conseguido testar com o seu robot o programa desenvolvido, ajustando os pormenores necessários:

Diego diz: *faz o tabuleiro mesm nice?*

Dinis diz: *yy, tipo so falta mesmo comparar as cores:/ e nao sei como e que o sensor da luz ve akilo :X:X*

Diego diz: *pah, define-se primeiro robot.setlightsensor(LIGHT). AI DE QUEM ME DISSER LIGHT NOT DEFINED!!!!!!! Vou aos arames outra vez*

António diz: *como assim?*

Diego diz: *tipo, akele erro q m mandaste e eu fui aos arames, isso e mesmo o basico do basico do mais basico ainda do principio do ensino básico.*

Acabei por ficar entusiasmada com o resultado desta reunião, tendo o ritmo daquelas que se seguiram melhorado bastante, embora nenhuma delas tenha conseguido ser assim tão produtiva. Embora apetecesse intervir, a preocupação em não querer interferir nas reuniões, assumindo um papel que era do tutor, fez com que voltasse a distanciar-me o máximo possível nos encontros que se seguiram.

O António, como já trabalhara com robots, foi o único deste grupo a ter o robot montado e a plataforma instalada desde a primeira reunião, embora não conseguisse utilizá-la, pois não sabia programar. Mostrou-se muito à vontade nos primeiros encontros, colocando diversas questões aos demais participantes, tendo sido também o primeiro a conseguir efetuar corretamente a comunicação entre o computador e o robot. Embora tenha sido difícil conhecer melhor o António e descobrir qual a imagem que fazia de si próprio, era evidente a sua determinação, não se deixando abater pelos obstáculos encontrados. O facto de ser o elemento estranho à equipa, uma vez que os demais integrantes já se conheciam, fez com que trabalhasse com mais afinco no sentido de tornar-se um membro pleno do grupo.

No decurso do projeto, várias situações de desencontro de horários e de não comparecimento acabaram por acontecer, o que levou o António a assumir uma posição mais periférica, voltando-se novamente para o centro da comunidade apenas quando passou a interagir de forma mais efetiva com o Dinis.

Quanto ao Diego, a imagem que tinha de si próprio era, em relação aos demais participantes, a de superioridade de conhecimentos, não encontrando no grupo ninguém que pudesse desafiar tal juízo. Os colegas de escola também tinham dele essa mesma imagem, tendo o Joel, numa das reuniões, evidenciado o facto do Diego saber muito de programação, estatuto este que fez com que, numa fase inicial, não tivesse paciência para negociar com os demais, assumindo uma identidade de não participação.

O Dinis, por seu turno, já há mais tempo estava a trabalhar com o Diego e, desde o início, assumiu que este era o mais capacitado, optando por não tomar a iniciativa, nem dele discordar, esperando que o Diego tomasse as decisões.

A partir do momento que este assumiu uma identidade de não participação, o Dinis passou a ser o elemento mais capacitado do grupo, tendo esta reestruturação no estatuto social dentro do grupo feito com que a imagem que antes tinha de si próprio fosse alterada, mudando consequentemente a sua forma de atuação.

Assim, neste grupo, não existiu uma liderança única, claramente definida ao longo do tempo, existindo apenas uma imagem de líder que os demais, consciente ou inconscientemente, assumiram que o Diego possuía. Além disto, como o tutor nem sempre pôde estar presente nas reuniões, também não teve a oportunidade de conhecer melhor cada um dos participantes, tendo sido este o grupo que produziu o menor relatório.

5.3 A resolução de problemas com robots num contexto virtual

Para Kvitca (1988), está-se perante um problema quando não se conhece imediatamente que ação deve ser executada para conseguir resolvê-lo ou, ainda, segundo Schoenfeld (1992), quando a situação representa um desafio.

Os problemas especificamente desenvolvidos para o projeto DROIDE VIRTUAL satisfazem essas duas definições, uma vez que existiam diferentes caminhos para resolvê-los, não sendo possível reconhecer de forma imediata a ação necessária a executar, além da situação de competição constituir, em si mesma, um desafio, sendo ainda os problemas-desafio acessíveis, servindo para introduzir ideias de natureza matemática e possibilitando a realização de explorações matemáticas (Schoenfeld, 1991), nomeadamente com recurso às novas tecnologias.

A complexidade dos problemas-desafio propostos residia no par problema-programação, tendo os participantes do projeto enfrentado algumas dificuldades para resolvê-los, sendo a primeira compreender qual a ação que o robot deveria executar e, depois, a dúvida sobre qual a melhor estratégia a ser seguida.

Para que os problemas-desafio pudessem ser resolvidos, foi necessário que, além dos mesmos estarem expressos de uma maneira clara e sem ambiguidades, estivesse bem determinado o objetivo a atingir e as ações indispensáveis para alcançá-lo, de forma a que o programa informático desenvolvido permitisse ao robot executar a ação desejada.

Tendo em conta a correspondência entre as quatro etapas da estratégia geral de resolução de problemas proposta por Pólya (1978) e os processos de organização, abstração, formalização e depuração que caracterizam a estratégia de programação de computadores apresentada por Perkins (1981), exposta na

Tabela 2.2 do Capítulo 2, na análise que se segue, considerando que o presente estudo envolve a resolução de problemas e a programação de robots, sempre que conveniente ou necessário tal correspondência será explorada.

5.3.1 Compreensão do problema

As estratégias utilizadas por cada um dos grupos para alcançar os resultados pretendidos foram distintas, tendo todos os grupos, no entanto, passado pela mesma fase inicial de discussão, que visava a compreensão do problema e o esclarecimento das condições a ele associadas.

Ao elaborar um programa informático ou ao resolver um problema, é necessário distinguir a informação que é pertinente daquela que é supérflua. Na proposta de estratégias de programação de computadores feita por Perkins (1981), a importância desta fase reside na especificação das propriedades dos dados e nas ações que aos mesmos podem ser aplicadas. Por exemplo, se os dados forem numéricos e do tipo inteiro, *int* na linguagem de programação C, estes terão valores na faixa de -32.768 a 32.767 , representados por 16 *bits*, podendo ser a eles aplicadas as usuais operações aritméticas com inteiros. Nesta fase, o importante é compreender o problema e perceber o que é pedido que o robot faça.

No problema-desafio nº 2, muitos participantes tiveram dificuldade em compreender o que se esperava como ação do robot, sendo tal compreensão importante para a programação que precisavam desenvolver. Assim, os participantes começaram por formular questões, de forma a tentar melhor compreender o problema-desafio proposto, como ilustram os diálogos a seguir transcritos:

Celso diz: *sabem aquele que é um quadrado e marca-se 3 pontos e o robot tem de saber a area do triangulo formado?*

Caetano diz: *temos de usar um ponto de uma cor para ele reconhecer*

Celso diz: *mas o ponto tipo que? um pouco de papel de outra cor? Como é que sao marcados os pontos, porque temos de saber o que é para ele reconhecer*

Caetano diz: *3 pontos constituem um triangulo e depois temos de saber a area do triangulo*

Renato diz: *Sim, mas tipo, o robot tem que descobrir os 3 pontos sozinho, certo?*

Caetano diz: *Sim, logo temos de utilizar o sensor de luz*

Renato diz: *e como e que vamos resolver esse problema. Não consigo ver como vamos conseguir po-lo a encontrar os 3 pontos sozinho, percebem?*

A atitude dos estudantes perante a Matemática está condicionada, muitas vezes, pela conceção que dela têm de ser uma ciência absolutista, abstrata, rígida,

cumulativa, sinónimo de cálculos e acessível somente a poucos, o que desperta nos mesmos sentimentos de insegurança e de frustração, que acabam por afetar a imagem que têm de si próprios. O processo de resolução de problemas de Matemática é complexo, pois existem diversos fatores que o influenciam, incluindo o conhecimento que os estudantes possuem da Matemática, de estratégias de resolução de problemas e de estratégias de verificação, bem como a forma como utilizam e gerem a informação que está ao seu alcance, além das concepções que têm de si próprios, dos problemas, da matemática e do mundo (Schoenfeld, 1985).

No diálogo anteriormente transcrito, percebe-se que o Renato encontrava-se num impasse, por não conseguir ver como prosseguir. Propiciou-se assim uma discussão, que se manteve ao longo de várias reuniões. Esta discussão distinguiu-se pelo seu carácter de constante negociação de significados. Segundo Wenger (1998), a experiência de atribuição de significado não surge espontaneamente, nem decorre de uma simples execução mecânica de um procedimento, sendo a geração de novos significados resultante da produção de novas situações, impressões e experiências, que ampliam, reinterpretem, modificam ou confirmam a história de significados da qual fazem parte.

Por outro lado, a utilização de artefactos tecnológicos pode ajudar a resolver problemas e a promover a aprendizagem, pois quando os estudantes têm oportunidade de utilizá-los para ensaiar, investigar e tirar conclusões, concebem a ideia de que podem fazer matemática, modificando assim a imagem que têm da Matemática e de si próprios, o que faz com que aprendam de maneira mais profunda (Ferreira, 2007; Rocha 2002).

Na situação de impasse antes mencionada, referente ao problema-desafio nº 2, os participantes ainda não programavam o robot, porém utilizavam-no para ‘pensar com’. Embora sendo um artefacto físico, o robot foi tomado como um artefacto conceptual, o que os ajudou a pensar nas estratégias de ação e a promover o desenvolvimento de um reportório comum e partilhado. Neste contexto, o robot foi um artefacto de mediação importante, pois propiciou elementos para a negociação de significados.

5.3.2 Elaboração de um plano

A segunda fase da proposta de estratégias de programação feita por Perkins (1981), a da abstração, contempla a construção de fluxogramas e o desenvolvimento de algoritmos, de modo a estabelecer uma sequência lógica de passos para a resolução do problema.

Segundo os participantes, esta é a fase considerada mais difícil, como ilustra o diálogo transcrito a seguir, devendo esta fase, portanto, ser mais bem explorada:

Celso diz: *sim, o mais difícil nos já fizemos que é ter o "algoritmo" pensado agora o problema tá em perceber como é que o encaixamos naquela programação, porque aquilo é muito diferente de C*

Caetano diz: *também acho.*

Para Pólya (1978), esta etapa envolve a elaboração de um plano, ou seja, encontrar uma ligação entre os dados e aquilo que se quer conhecer. Nesta segunda etapa, diversas estratégias podem ser utilizadas, desde encontrar problemas semelhantes cuja solução seja conhecida, reconhecer padrões, simular e experimentar ou mesmo dividir o problema em subproblemas mais simples.

O problema-desafio nº 2, por exemplo, podia ser decomposto em duas etapas, nomeadamente percorrer o quadrado e reconhecer os pontos e, em seguida, estabelecer qual a representação que possuíam esses pontos, de forma a poder determinar a distância entre os mesmos e chegar à solução, estratégia esta divisada pelo Caetano, como ilustra o excerto a seguir:

Caetano diz: *eu acho que primeiro devíamos meter o robot a fazer o percurso e depois de fazer o percurso e detectar pontos utilizar os dados para os calculos*

Celso diz: *Caetano isso é fácil é um ciclo de 1 ate 4, temos primeiro de ter ideias para as aplicar. Eu estou a apresentar as minhas mas podem nao estar bem, mas acho que primeiro temos de ter uma ideia.*

O Caetano percebeu que simplificar, dividindo a programação em etapas, seria a melhor estratégia, tendo sugerido que o robot primeiro percorresse o quadrado, detetasse os pontos e, só então, já de posse desses dados, partissem para a segunda etapa da programação.

É interessante observar que essa ideia foi imediatamente refutada pelo Celso, que estava a tentar encontrar, juntamente com os restantes integrantes do grupo, uma maneira de resolver o problema-desafio em causa. O Celso demonstrava possuir maiores conhecimentos em termos de programação e, no desenvolvimento da prática, gradualmente assumiu uma posição de liderança. Já o Caetano ingressou no projeto sem saber programar e, por isto mesmo, percebe-se mais claramente o seu percurso de aprendizagem nessa área, quando passa a utilizar os repertórios próprios daquela prática e do domínio do conhecimento, tendo, ao longo da prática, tomado iniciativas, exposto ideias, partilhado soluções e assumido uma posição legítima dentro do grupo, tendo passado a ser reconhecido, em decorrência disso, como um participante pleno.

Também é de referir a capacidade demonstrada pelo Caetano para encontrar e utilizar estratégias que contribuíssem para o seu próprio crescimento e o do grupo, sendo um exemplo disso a estratégia antes descrita, posteriormente reconhecida pelos membros do seu grupo como sendo, efetivamente, a mais adequada para a resolução do problema-desafio nº 2.

Além disso, quando o Caetano diz que tem de colocar o robot primeiramente a fazer o percurso, está se apropriando da construção mental por ele criada para estabelecer uma relação entre a imagem do robot e a sua ação. As construções mentais são próprias de cada indivíduo e, assim, embora o robot tenha servido como artefacto conceptual de mediação, cada um dos participantes elaborou a sua própria construção mental, sendo por isto necessário, muitas vezes, a utilização de outros artefactos para transmitir uma ideia, como, por exemplo, a elaboração de esquemas e desenhos e a criação de animações.

O Caetano era capaz de sugerir estratégias, pois conseguia estabelecer ligações com outras práticas, uma vez que já participara em outros projetos com robots, tendo tal participação feito com que adquirisse um sentimento de pertença. Um dos modos de pertença é a imaginação, que, segundo Wenger (1998), permite a ligação com diversas práticas e pode ter uma influência significativa na experiência de identidade e no potencial de aprendizagem.

Outras estratégias foram também utilizadas pelo grupo, incluindo a busca de problemas análogos, bem como a utilização de desenhos para uma melhor compreensão do problema, estratégia esta ilustrada no excerto a seguir:

Celso diz: *tive uma nova ideia, eu vou fazer um desenho para explicar a minha ideia que assim é mais fácil*

Celso escreve:



Jorge diz: *como é que o robot vai saber k tem k fazer essa linha ate aquele ponto*

Celso diz: *ele nao a faz ele anda sempre em cima do quadrado.*

O Celso sempre demonstrou grande responsabilidade em relação ao compromisso assumido conjuntamente com o grupo, tendo também evidenciado uma especial preocupação em elaborar programas bem estruturados, capazes de resolver os problemas em qualquer situação, bem como em utilizar adequadamente termos e expressões e comunicar com os outros com correção, característica esta que, de acordo com o *Common Core State Standards for Mathematics* (CCSSI, 2010), é típica de alunos matematicamente competentes, sendo um exemplo dessa

preocupação com a linguagem utilizada no excerto a seguir, onde fica evidente a necessidade que sentiu de corrigir um dos seus colegas, que havia empregue uma terminologia incorreta:

Celso diz: *a minha ideia é assim: ele encontra primeiro a base, a base é facil de calcular*

Renato diz: *o perimetro da base e facil e so calcular a distancia dos dois pontos*

Celso diz: *o comprimento.*

O facto dos integrantes do grupo Dv2 antes referidos terem previamente resolvido outros problemas-desafio, permitiu ultrapassar as dificuldades que surgiram ao tentar fazer o robot percorrer o quadrado. O Renato, no excerto a seguir, identifica a semelhança existente entre o procedimento a executar e a resolução de um dos problemas-desafio que antes haviam resolvido, apropriando-se daquela reificação para passar à etapa seguinte:

Renato diz: *Isso, utiliza-se os graus das rodas como fizemos no ultimo desafio e para descobrir a base do triangulo eh so determinar a distancia entre dois pontos*

Celso diz: *isso e o teorema de pitagoras. Ha um lado do quadrado que nao vai ter pontos.*

Até esse momento, muitas dúvidas ainda persistiam e os integrantes do grupo estavam a ponderar utilizar a fórmula clássica da Geometria para a determinação da área do triângulo, passando o repertório a abordar conceitos de área e as estratégias para determiná-la. Reconheceram que a trajetória que o robot percorreria formava triângulos retângulos e, portanto, queriam primeiramente determinar a base, para depois se preocuparem com a determinação da altura, como mostra o seguinte excerto:

Renato diz: *temos na mesma que calcular a distancia que vai do ponto ao vertice do quadrado, depois calcula-se a distancia do vertice do quadrado ao outro ponto e com o teorema de pitagoras chegamos a base do triangulo*

Celso diz: *pois mas tem-se saber se é ou nao base e isso é facil*

Renato diz: *Primeira fase mais ou menos resolvida, qualquer lado do triangulo pode ser a base, percebes?*

Nesse grupo, o choque de identidades e atuações provocou desacordos e discussões, como ilustra o excerto a seguir, no qual são também visíveis alguns sinais da confiança que o Renato, colega do Celso na escola, sentia com relação às suas próprias capacidades:

Renato diz: *Olha, vou expor a minha ideia. Colocamos o robot em cima do primeiro ponto e depois o fazemos andar ate chegar ao vertice do quadrado*

Celso diz: *acho que nem se pode*

Caetano diz: *Pode, acho eu mas é melhor não porque depois não sabemos o que falta andar para o vertice*

Celso diz: *isso é asneira se colocares no vertice do quadrado ja sabes onde ta o outro*

Renato diz: *caraças nao eh nada disso, tipo, colocamos o robot numa dada linha do robot depois, quando o sensor de luz detetar o ponto chamamos a função para determinar a distancia ate ao vertice, utilizando as voltas que as rodas deram, perceberam?*

Celso diz: *e depois como é que ele vira quando acabar o quadrado? tens de usar o sensor para 2 coisas o que é muito mais complicado. Se ele tiver no ponto inicial nao temos problemas o sensor so serve para ver se encontra o ponto ou nao*

Renato diz: *isso e fácil celso e isso eh a unica maneira*

Celso diz: *nao nao é*

Renato diz: *Pois, mas podemos começar em cima do ponto, foi o que tu disseste, alguém disse que quando ele deteta o ponto basta metermos a andar para a frente*

Celso diz: *nao é em cima do ponto mas sim no inicio do quadrado.*

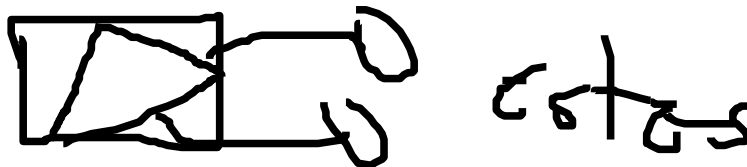
Os desacordos observados, os desafios e a competência podem ser formas de participação, como ressalta Wenger (1998), sendo geralmente a rebeldia um sinal de maior engajamento do que a conformidade passiva.

No seguimento da discussão, o Celso tentava explicar aos colegas uma maneira mais simples de calcular as distâncias. Depois de muitas tentativas e da dificuldade em se fazer entender, como ilustra o diálogo a seguir, os membros do grupo resolveram começar a programar para ver se assim se tornava mais fácil compreender o problema:

Celso diz: *Sim, mas no nosso caso da jeito que so seja 2*

Renato diz: *não percebi*

Celso escreve:



Celso diz: *porque é mais facil de calcular porque nao ha lado vazio entre eles*

Renato diz: *continuo a nao perceber, começa a explicar de novo para ver se percebo*

Jorge diz: *tambem nao tou a perceber*

Caetano diz: *tbm n*

O Renato, por ser colega do Celso na escola, sentia-se à vontade para discordar ou para dizer que não percebia, como fica visível no diálogo parcialmente

transcrito a seguir, contribuindo por vezes este estatuto de proximidade para o processo de negociação do grupo:

Celso diz: *estes 2 pontos que marquei estao em lados consecutivos é mais facil calcular assim*

Renato diz: *continuo a não perceber*

Celso escreve:



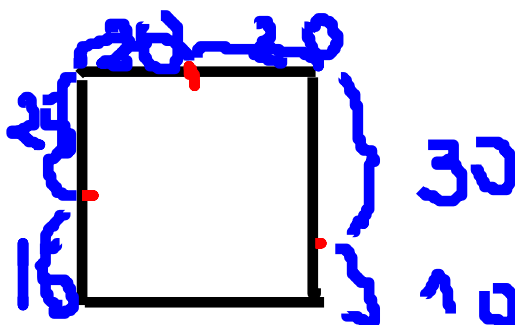
Jorge diz: *tambem tou na msm ainda*

(...)

Celso diz: *eu acho simples, nao é facil explicar. Caetano, mas acho tens razao numa coisa que ha pouco disse que não. Acho que para ja devemos por o robot a fazer o quadrado. Com o programa acho que é mais facil explicar*

Percebendo a explicação do Celso e vendo que ele não conseguia transmitir a sua ideia ao grupo, procurei representar a situação graficamente, atribuindo valores numéricos, como mostrado no excerto a seguir, buscando com isto dar o apoio necessário para que todos continuassem envolvidos na atividade:

Alcione escreve:



Alcione diz: *Desculpem intrrometer-me, mas pelo que disseram...*

Celso diz: *mas é essa a minha ideia acha que a percebeu, ou nao?*

Alcione diz: *Sim, o robot parte do vértice, por exemplo, andou 10, até ao próximo vértice são 30.*

Celso diz: *sim e isso*

Renato diz: *Sim, agora percebi*

Caetano diz: *ya*

Celso diz: *obrigado Alcione, é isso, vamos so por o robot a fazer o quadrado primeiro.*

A intervenção promoveu a participação de todos os integrantes do grupo, que se sentiram mais motivados para prosseguir no seu empreendimento e expressar as suas próprias ideias, o que promoveu a negociação.

O conteúdo matemático necessário para chegar à solução do problema-desafio nº 2 pode parecer muito simples para estudantes do Secundário. No entanto, o estar consciente do que utilizar pode às vezes embaçar o olhar sobre a situação real que se está a abordar. Neste problema-desafio, o enunciado deixava claro a necessidade de calcular a área determinada por três pontos, tendo todos ido buscar as fórmulas necessárias nas experiências vividas no ambiente escolar.

Quando passaram a olhar para o problema real resultante do uso do robot, o procedimento tomou outro significado, tornando-se mais importante clarificar o contexto do que o conteúdo. Por outras palavras, no caso deste problema-desafio, não existia um algoritmo por eles previamente conhecido a ser aplicado.

Neste estudo, procurou-se analisar situações que evidenciassem o desenrolar da prática, mostrando, ao mesmo tempo, as etapas para a resolução de problemas propostas por Pólya (1978). Embora se tenha aqui tentado selecionar excertos que evidenciassem os pontos marcantes de cada uma das etapas, verificou-se que não existe um limite muito claro para que se possa dizer quando começa ou termina uma dada etapa, pois, como se pode verificar neste problema-desafio e nos excertos destacados, aparentemente existiu por parte dos intervenientes uma compreensão do problema, porém, na verdade, somente depois de terem feito uma analogia entre este problema-desafio e outro que já haviam resolvido, é que conseguiram realmente perceber toda a dimensão que envolve a sua resolução.

A análise da prática do grupo Dv2 reflete a postura que os seus integrantes normalmente assumiam, não existindo praticamente tempos ociosos durante as reuniões. De todos os integrantes do grupo, o Jorge era o que menos intervinha, tendo gradualmente assumido uma posição mais periférica nas reuniões. No entanto, algumas situações, como a mostrada no excerto a seguir, podem ter contribuído para essa trajetória, pois no momento em que diz “Eu tou a falar para quem entao???”, deixa claro o seu desconforto:

Jorge diz: *eu sei mas para saberes quando é que ele vai medir a altura*

Celso diz: *acho que nao Caetano*

Renato diz: *o Caetano tem razao*

Jorge diz: *tens que saber em que ponto x é que ele vai ter que medir a base e em q ponto y ele vai ter q medir a altura*

Celso diz: *Não, porque a altura tem de ser perpendicular a base e ela pode nao ser*

Caetano diz: *a base é facil, subtrais o do lado direito ao lado esquerdo e tens um triangulo em que sabes todos os lados menos a hipotenusa*

Jorge diz: *nao tao a perceber*

Celso diz: *eu tou a falar do Caetano*

Jorge diz: *é assim, quando o robot ta percorrendo o quadrado. Eu tou a falar para quem entao???*

A trajetória percorrida pelo Caetano, por seu turno, foi muito marcante. O excerto a seguir revela uma mudança subtil no papel que vinha desempenhando, sendo possível perceber uma mudança no seu posicionamento dentro da comunidade quando começa a assumir o papel de quem é responsável por resolver uma parte importante do desafio:

Caetano diz: *Celso, da para saber sempre a base seja ela perpendicular à base ou não.*

Celso diz: *pomos o robot a fazer o quadrado hoje e depois terça cada um apresenta um programa com as suas ideias que acham?*

Caetano diz: *ja sei como vamos fazer a área. É somar a area do que ta fora do triangulo e subtrair ao quadrado e nem precisamos dos lados do triangulo*

Alcione diz: *Como chegaste a esta conclusão?*

Caetano diz: *fiz num papel todos os casos.*

Questionado sobre como havia chegado àquela conclusão, disse o Caetano ter feito todos os casos num papel, o que evidencia que, ainda que a tecnologia tenha sido responsável por alguns dos avanços mais recentes da Matemática, o lápis e o papel continuarão sempre a ser ferramentas dos matemáticos.

A Matemática é uma ciência dedutiva e o seu padrão de rigor exige que as demonstrações sejam exaustivas. Portanto, não sendo possível ser exaustiva, a investigação de um determinado número de casos tem, no máximo, um valor heurístico, tornando-se necessário, no caso de ser finito o número de possibilidades, recorrer ao emprego de um argumento genérico ou ao teste de todas as possibilidades.

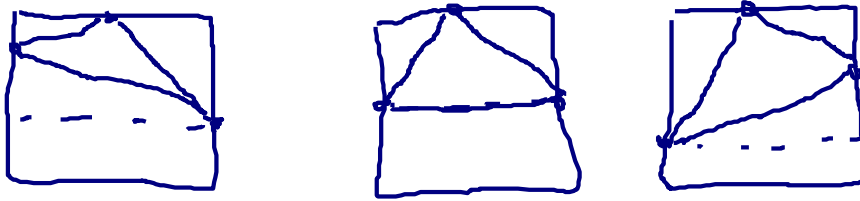
Foi isso que fez o Caetano, quando esboçou no papel todas as possibilidades de resolver o problema. Intuitivamente, utilizou a primeira regra definida por Descartes para a formulação de um método para atingir o conhecimento verdadeiro, que estabelece que nunca se deve aceitar coisa alguma por verdadeira sem que se a conheça na sua totalidade e também não aceitar nada que não esteja suficientemente entendido, de modo a nunca deixar dúvidas (Descartes, 2001). O Caetano foi ainda o responsável pelo desenvolvimento do algoritmo mais adequado, que acabou por conduzir à solução do problema-desafio nº 2, como mostra o excerto a seguir:

Celso diz: *e sera que ira funcionar?*

Caetano diz: *e depois tive a ver e não sabia como determinavamos a altura do triangulo e depois vi que so dava pelo de fora e temos de fazer o programa baseado em 3 formas do desenho. vou tentar desenhar*

Celso diz: *Entao é uma formula matematica?*

Caetano escreve:



Caetano diz: *estes sao os 3 casos mais coisa menos coisa vai dar sempre ao mesmo*

Celso diz: *o primeiro e o segundo sao iguais*

Caetano diz: *entao vou explicar. Hum? sao diferentes*

Celso diz: *é uma simetria*

Jorge diz: *o 1 e o 3 sao iguais so k de lados diferentes, simetria*

Caetano diz: *Pois, isso! Saber a base e a altura dos triangulos nos cantos de cima, certo? e fazer a area deles, depois resta-nos a parte de baixo que ou é um rectangulo (o do meio) ou um retangulo + um triangulo retangulo*

Alcione diz: *Um rectângulo + um triângulo = trapézio.*

Caetano diz: *ah ok, nisso eu não sou bom.*

A situação anterior, quando o Caetano diz “nisso eu não sou bom”, mostra que este trás consigo algumas das concepções sobre aptidões que, segundo Papert (1981), contaminam a imagem de cada um como aprendiz. Na verdade, consciente ou inconscientemente, utilizou o pensamento matemático, não sendo relevante saber se era um trapézio ou não, tendo acabado, de qualquer maneira, por se apropriar desse repertório. Esta situação permitiu também que o Jorge pudesse dar o seu contributo, como mostra o excerto a seguir:

Celso diz: *sim é uma boa ideia, a minha era o contrario, era calcular o triangulo mas esta parece-me mais simples*

Caetano diz: *não sei como fazemos a area de um trapézio, o que estava a pensar era fazermos do rectangulo e depois do triangulo e somar. Fiz 9 desenhos com mais variações mas que no fundo vao todas dar a essas 3s*

Celso diz: 2

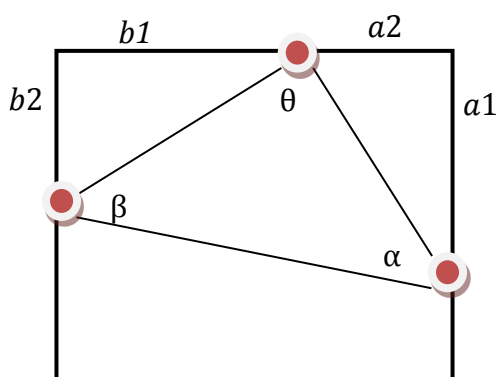
Caetano diz: *pois, eu falo em 3s porque vai ser isso que temos de meter no programa porque ele tem de subtrair ou de um lado ou do outro mas, se da para fazer a area do trapezio nem precisavamos das 3s variações, era so as 2*

Jorge diz: $(Bm+Bn)/2 \cdot A$.

Ainda relativamente ao problema-desafio nº 2, o grupo Dv3 utilizou uma maneira distinta da dos outros grupos para determinar a área do triângulo. Os integrantes desse grupo tinham por hábito fazer animações para representar as ações do robot, bem como utilizar desenhos e esquemas para melhor expor as suas

ideias aos demais. Nesse grupo, eram também incentivados pelo tutor a descrever os passos que o robot percorreria, de modo a facilitar o desenvolvimento de algoritmos capazes de conduzir à solução. A estratégia consistia em determinar dois lados do triângulo e o ângulo compreendido entre eles. A proposta apresentada pelo Joel, a seguir transcrita, foi o resultado da sua construção mental, utilizando o robot como artefacto conceptual de mediação:

- *le um ponto*
- *anda ate ao canto (medindo a distancia-a1)*
- *chega ao canto e para a medição*
- *vira 90º (e começa a medir-a2)*
- *marca-se o segundo ponto*
- *anda ate ao canto (medindo a distancia-b1)*
- *chega ao canto e para a medição*
- *vira 90º (e começa a medir-b2)*
- *marca-se o terceiro ponto*
- *o robot pára*
- *calcula a através do teorema de Pitagoras: $a = \sqrt{a1^2 + a2^2}$*
- *calcula o angulo $a1^a - \alpha$ $\alpha = \tan^{-1} \frac{a1}{a2}$*
- *calcula a através do teorema de pitagoras: $b = \sqrt{b1^2 + b2^2}$*
- *calcula o angulo $b1^b - \beta$: $\beta = \tan^{-1} \frac{b1}{b2}$*
- *calcula angulo $a^b - \theta$: $\theta = 180 - \alpha - \beta$*
- *calcula a area do triangulo $A_{\Delta} = \frac{a*b*\sin \theta}{2}$*



No entanto, ao ler os passos descritos pelo Joel, cada um faz uma representação mental de um robot a ler o ponto, ir até ao canto, fazer a medição e assim por diante. Ao ler a descrição do Joel, os parceiros do grupo também criaram imagens mentais do (seu) robot a realizar cada passo, porém passaram a contar com outro artefacto mediador, o algoritmo construído pelo Joel, passando este a

ser um produto do repertório que partilharam e negociaram. Embora não estivessem efetivamente a utilizar o robot, uma vez que a programação ainda não havia sido feita, o carácter mediador deste artefacto ficou evidente na maneira como estruturou a forma de resolver e pensar o problema-desafio.

O Joel e o Celso são colegas na mesma escola, sendo os primeiros, cada qual no seu grupo, a fazer uma proposta de resolução para o segundo problema-desafio. Na escola, o programa de Matemática A para o 11º ano enfatiza que os professores recorram a problemas variados, ligados a situações concretas, de modo a recordar e aplicar métodos trigonométricos. A proposta do Joel pode ter sido induzida por este facto, fazendo com que não explorassem outras possibilidades. De qualquer forma, na negociação que se seguiu envolvendo os demais participantes, não foi aventada outra possibilidade, talvez pelo facto do Joel e do Lucas possuírem um estatuto diferenciado dentro do grupo, por já se conhecerem e interagirem há mais tempo, o que pode ter levado os demais a aceitarem a proposta sem a contestar. Normalmente eram estes dois os que promoviam as discussões mais acirradas e, portanto, quando houve acordo entre eles, os outros calaram-se.

Essa posição assumida pelos demais intervenientes também levou a que algumas incorreções, destacadas pelos retângulos a vermelho na transcrição anteriormente feita, não fossem suficientemente discutidas, o que fez com que não conseguissem uma programação capaz de produzir resultados satisfatórios.

No caso do problema-desafio nº 2, em termos do programa a ser elaborado, a proposta dos outros grupos era mais simples do que a implementação do algoritmo proposto pelo Joel, necessitando de poucas linhas de programação. No entanto, é difícil estabelecer o que é simples ou complexo ou mesmo os conhecimentos que cada um trás da sua experiência escolar e não só.

O grau de dificuldade na resolução dos problemas-desafio propostos não estava no seu conteúdo, sendo um exemplo disto o problema-desafio nº 5, ilustrado na Figura A.6, no Anexo A. Desde a primeira leitura que os participantes fizeram dos enunciados dos problemas-desafio, acharam que este era o mais difícil, pois, à primeira vista, induzia a uma resolução no espaço, o que implicaria numa construção mais elaborada do robot e numa boa programação, de forma a permitir que o robot efetuasse as operações desejadas.

Embora o Celso, do grupo Dv2, e o Diego, do Dv1, fossem muito bons a programar, foram os que acharam o problema-desafio nº 5 mais difícil, como indicam as duas transcrições a seguir:

Caetano diz: *n sera mais facil o de avançar pela linha sem utilizar o sensor?*

Celso diz: *nao sei, esse deve ser so andar para a frente, para mim o mais dificil é o de trocar os cubos*

...

Diego diz: *Epah mas a um q eu acho dificil nao pelo exercicio em si mas pela construcao do robot, o 5 deixa-me todo cego, nao pela programacao mas pela construcao do robot para este.*

O Lucas, do grupo Dv3, também bom programador, é que percebeu como resolver o quinto problema-desafio sem ter de fazer construções de maior complexidade, ou seja, apenas empurrando os blocos para mudarem de posição:

Lucas diz: *Desafio nº 5 parece-me mais fácil, so tem que empurrar...*

Embora a análise apresentada neste estudo esteja focada nas aprendizagens dos participantes, as experiências vividas por todos, incluindo os tutores e, naturalmente, a investigadora, conduziram a aprendizagens difíceis de serem aqui descritas. É impossível perceber o que é aprendido por cada um no âmbito de uma dada comunidade, pois não se consegue conhecer a história de cada participante, até porque ela é diariamente reinventada através da experiência adquirida em outras comunidades a que estes pertencem.

Tendo em conta as etapas para a resolução de problemas propostas por Pólya (1978), a elaboração do algoritmo, correspondente à etapa de abstração definida por Perkins (1981), enquadra-se na fase de elaboração de um plano para a resolução do problema. O mais difícil em alguns dos problemas-desafio não foi a programação em si, mas sim a maneira como os participantes visualizaram uma possível solução, ou seja, o algoritmo que foram capazes de desenvolver.

O excerto a seguir mostra a tutora do grupo Dv3 num momento em que estava a auxiliar um dos integrantes do grupo a estruturar o seu pensamento, com o objetivo de levá-lo a construir um algoritmo para a resolução do problema-desafio nº 5.

Patricia diz: *eu digo-lhe passo a passo como o robot faz o quadrado: o robot anda para a frente uma volta, o robot vira para a esquerda uma volta, o robot verifica se já executou estas operações 4 vezes. se sim desliga-se. se não volta a executar. mais ou menos isto. Agora diga-me passo a passo como o robot faz o desafio 5*

Décio diz: *anda para a frente para empurrar 1 cubo, depois anda para trás até voltar à posição inicial, vira para a esquerda, anda mais um pouco, vira para a direita e anda muito pouco, volta a virar para a direita e anda para a frente para empurrar o outro cubo para a posição em que o outro estava, vira para a direita e anda muito pouco, para a esquerda e anda pouco de novo(para contornar o cubo). volta a andar em frente até estar ao lado do primeiro cubo que movemos. Vira para a esquerda e empurre esse cubo um pouco*

Patricia diz: *só uma pergunta? Quanto é isto? "anda para a frente para empurrar 1 cubo" é sempre um valor fixo?*

(...)

Décio diz: *acabei agora uma parte da programação, só preciso afinar os graus.*

A transcrição anterior, envolvendo integrantes do grupo Dv3, ilustra apenas uma das muitas situações em que foi importante a participação dos tutores na aprendizagem que esses rapazes realizaram.

Durante esta etapa de elaboração do plano, na qual o robot foi utilizado como um artefacto conceptual de mediação, pode-se conjeturar sobre o que faz com que alguns objetos ou experiências sejam mais reais do que outros. Segundo Nozick (1990), algumas imagens, sejam estas de objetos, pessoas ou personagens, captam mais a nossa imaginação e sentido pela sua maior realidade, sendo vistas de uma forma mais viva e correta. É a imaginação que permite ligar o real com o que é possível vir a ser. Segundo Brown (2008, p. 288), “ao vermos os objetos ou relações como se pudessem ser ou se tornar outra coisa, atribuímos-lhes mais importância, significado e valor, dando-lhes um maior sentido de realidade”.

5.3.3 Execução do plano

Exposta a ideia, era necessário executar o plano de ação desenvolvido, ou seja, programar, o que equivale ao processo de formalização na ótica de Perkins (1981). Nesta etapa, o robot foi muito importante, pois permitiu uma melhor compreensão dos problemas-desafio e promoveu o desenvolvimento de habilidades que contribuíram para o reforço da aprendizagem e o desenvolvimento da criatividade e da imaginação de cada participante, tornando mais natural a assimilação de alguns conceitos envolvidos nas tarefas realizadas. Nesta fase, o robot deixou de ser utilizado como um artefacto conceptual, tornando-se um artefacto físico, utilizado pelos participantes para programar e testar os resultados.

Além dos robots, também é necessário reforçar o papel dos programas criados, do tabuleiro utilizado e da plataforma de programação adotada como artefactos de mediação das aprendizagens adquiridas e vivenciadas pelos participantes, bem como lembrar que estes artefactos não existem separadamente, estando entrelaçados entre si e com as vidas de cada um dos participantes que interviram de diferentes maneiras.

Na situação transcrita a seguir, o robot, o tabuleiro e um fio são utilizados como artefactos primários, servindo para mediar a percepção e compreensão da realidade presente e para gerar novos artefactos, conceptuais ou não:

Caetano diz: *acho que são 18.5 cm*

Celso diz: *as rotações?*

Caetano diz: *1 rotação da roda. Medi o perímetro da roda com um fio*

Celso diz: *pois, mas eu acho que ele faz mais do que uma, eu medi o que ele andou, tenta ver*

Caetano diz: *vou ver no tabuleiro.*

Embora o Caetano demonstrasse ter algumas dúvidas quanto aos conhecimentos matemáticos envolvidos e pudesse faltar-lhe algum domínio em termos de conceitos, foi capaz de explorar situações, testar hipóteses e comprovar resultados, como anteriormente mostrado, quando desenhou todas as possibilidades de construção de triângulos aquando da resolução do problema-desafio nº 2.

Novamente, ao utilizar um fio para medir o perímetro, nota-se a sua necessidade de experimentar, refletir e demonstrar. Desde o início do projeto, tomou para si a responsabilidade de testar os programas durante as reuniões virtuais. Na verdade, todos testavam os programas, mas por vezes faziam-no em outra ocasião em que estavam a pensar nos problemas e não durante as reuniões, a menos que isto fosse realmente necessário, como, por exemplo, quando precisaram utilizar o sensor de luz, uma vez que a luminosidade era diferente em cada uma das casas, o que influenciava nos resultados, tendo os participantes sentido a necessidade de verificar as alterações que aconteciam.

Os tutores, nesta etapa, costumavam fazer perguntas, objetivando estimular o desenvolvimento de estratégias ou mesmo recordar informações que os participantes já possuíam, estando sempre atentos durante as reuniões virtuais, de forma a poder dar sugestões quando necessário.

Embora o grupo Dv1 tenha obtido uma maior pontuação e, por conseguinte, vencido a competição, seus integrantes não conseguiram estabelecer um ritmo de união. No último mês da competição, tinham apenas três dos problemas-desafio resolvidos, faltavam às reuniões, não começavam a horas e abandonavam as reuniões a meio, de forma que um dos participantes teve de recorrer à ajuda da sua professora, que era tutora de um dos outros grupos. Por este motivo, as reuniões dos demais grupos eram, para mim, muito mais motivadoras.

O excerto a seguir, extraído de uma das reuniões do grupo Dv3, refere-se à fase em que programa correspondente à resolução do problema-desafio nº 3 estava aparentemente concluído, faltando testá-lo para verificar a sua correção:

Lucas diz: *alguem pode testar?!*

Décio diz: *esse e qual?*

Lucas diz: *desafio 3. GONÇALO!! Testas?!*

Gonçalo diz: *pera*

Gonçalo diz: *Desliga': identifier not found*

AndaFrente': identifier not found

Lucas diz: *lol*

Gonçalo diz: *tenho isto, por isso n sei*

```
oid AndaFrente(int velocidade)
```

```
{
```

```
robot.forward(velocidade);
```

```
}
```

```
void Desliga()
```

```
{
```

```
robot.shutdown();
```

```
}
```

```
};
```

Lucas diz: *se fosse o anda para a frente ainda tolerava que ele desse erro pq tens oid em vez de VOID. Diz que o native (bloco) devolve zero?!*

Nesta etapa, o robot deixou de ser um artefacto conceptual, passando a ser um importante artefacto físico mediador do processo de resolução dos problemas-desafio a partir do momento em que permitiu explicitar os erros de programação e promoveu a reflexão sobre os mesmos. Os erros encontrados deram origem a novas questões, as quais eram capazes de transformar uma realidade antes considerada como estabelecida numa outra potencialmente diferente.

Além das novas questões que geram novas reflexões e novos significados, outro facto a realçar é o contexto virtual, que possibilita voltar atrás, explorar e refletir sobre as atividades, interações e diálogos anteriormente estabelecidos, sendo um exemplo disto o excerto a seguir, extraído de uma reunião virtual do grupo Dv3:

Gonçalo diz: *aviso: conversão de float para int, possível perda de dados?*

Lucas diz: *é que esta a converter valores float em int !!*

Patrícia diz: *isso significa?*

Lucas diz: *isso significa que podemos errar na distancia!! Engraçado! ele le o valor do n se lhe removermos os ciclos !!*

Joel diz: *eu ja disse mts vezes que nao precisas de ciclos e tambem disse que com ciclos nao da, olha, vai ver as conversacoes passadas*

O contexto virtual propicia como que um diário de bordo de todas as interações, que podem ser sempre revisitadas e que passam a fazer parte do registo histórico da prática desenvolvida.

5.3.4 Avaliação

A última etapa consistia na análise e verificação da solução obtida. Para Perkins (1981), esta fase, que corresponde à etapa verificação da solução na classificação de Pólya (1978), compreende a depuração do programa e a verificação dos resultados obtidos.

O robot, aqui, desempenhava um papel muito importante, pois permitia aos participantes perceber quais passos do processo de resolução não estavam corretos e necessitavam ser revistos.

Uma situação correspondente a esta etapa é mostrada no excerto a seguir, extraído de uma das reuniões virtuais do grupo Dv2, na qual se tornou necessário rever o programa desenvolvido, em função das modificações estruturais que o robot havia sofrido no decurso da resolução do conjunto de problemas-desafio:

Celso diz: *eu mando o robot virar os 90º e ele nao os vira todos. a ti vira?*

Caetano diz: *pera vou testar.*

Correspondendo a etapa de avaliação à depuração do programa desenvolvido, pode-se localizá-la na fase em que os participantes tiveram de adequar os programas à construção final do robot, pois, como não possuíam previamente uma ideia clara de todos os problemas-desafio, decidiram optar por uma dada configuração e elaborar os programas para o robot assim construído, introduzindo nele modificações à medida que foi sendo necessário, sendo ao final necessário rever todos os programas elaborados anteriormente, uma vez que o robot havia sido modificado ao longo do processo da prática.

Assim, a etapa de depuração foi necessária e fundamental para o sucesso do empreendimento conjunto, na medida em que permitiu descobrir as causas dos erros detetados nos testes, bem como planejar e implementar as alterações nos programas de forma a corrigí-los.

Do ponto de vista de Pólya (1978), esta etapa exige que se crie um paralelo com outros problemas, tanto no que respeita à solução encontrada quanto ao que se refere à estratégia empregue.

Cabe aqui no entanto referir que, em diversos momentos do processo de resolução dos problemas-desafio, ocorreram situações em que os participantes foram levados a refletir sobre os erros detetados, situações estas que, num sentido lato, podem ser também interpretadas como de avaliação.

Síntese

A prática da comunidade desenvolvida no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL reuniu um grupo de jovens motivados pela programação de robots, que se manteve unido para a realização de um empreendimento conjunto que envolveu a construção e programação de um robot capaz de resolver um conjunto de problemas-desafio, objetivando com isto vencer a situação de competição criada no âmbito do projeto.

As práticas são histórias de engajamento mútuo, de negociação de significados, de empreendimento conjunto e de desenvolvimento de um repertório partilhado, sendo assim mais do que um simples contexto para a aquisição de novos conhecimentos. Como afirma Wenger (1998), a aprendizagem é o motor da prática, sendo a prática a história dessa aprendizagem.

O engajamento dos participantes na prática desenvolvida no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL tornou-se evidente nas contribuições de cada um e na união de diferentes saberes para a consecução de um empreendimento conjunto, promovendo a partilha de crenças, hábitos, valores e conhecimentos, o que orientou as suas ações e levou à produção de um repertório próprio daquela prática, que envolveu, por exemplo, as rotinas nela estabelecidas, como a maneira de iniciar as reuniões virtuais, e a partilha de recursos, tais como o *kit* robótico LEGO MindStorms NXT, a plataforma DROIDE MLP, o Messenger, a plataforma Moodle, o SkyDrive e o *software* ooVoo.

As estratégias utilizadas na resolução dos problemas-desafio propostos foram importantes para auxiliar na compreensão do que era pretendido em cada um deles, o que fez com que os participantes lançassem mão de animações, desenhos e outros documentos de forma a tornar mais reais as situações que pretendiam descrever, o que levou à exploração de novos significados e à partilha de um repertório próprio em cada um dos grupos virtuais.

Além disso, tais estratégias foram também consequência das ligações de cada um dos participantes com outras práticas, o que fez com que estes nem sempre estivessem de acordo, levando a discussões que contribuíram para evidenciar o seu engajamento. Desde o momento da escolha da linguagem de programação e da configuração do robot, a prática foi um processo contínuo de negociação de significados, tendo sido, no entanto, distintas as rotinas e as estratégias seguidas em cada um dos grupos, tendo cada um deles interpretado, formulado e descrito as soluções para os problemas-desafio de diferentes maneiras.

A prática resultante dos processos de negociação entre os participantes, obedeceu, de maneira geral, a uma determinada organização, tendo estes inicialmente

procurado descobrir como fazer, identificando e representando os problemas-desafio e discutindo as ideias que iam surgindo, para então explorar conjuntamente as ferramentas disponíveis e começar a elaborar os primeiros programas.

Ultrapassadas as barreiras iniciais impostas pela plataforma de programação adotada e pela definição da configuração do robot a ser utilizada, os participantes começaram a se apropriar dos conceitos básicos de programação, o que, como resultado da discussão das questões entretanto levantadas, acabou por conduzir ao efetivo desenvolvimento dos primeiros programas.

Após a elaboração desses programas, foi necessário aperfeiçoá-los, assim como também a própria configuração do robot, de forma a que este pudesse ser capaz de conduzir à resolução de todos os problemas-desafio, culminando essa prática com a final presencial do projeto, quando os participantes puderam apresentar a toda comunidade os resultados alcançados.

A plataforma MLP e o robot foram artefactos tecnológicos utilizados pelos participantes como elementos mediadores nas atividades desenvolvidas no âmbito da comunidade DROIDE VIRTUAL, tendo cada participante, após a leitura e interpretação do enunciado dos problemas-desafio e numa fase inicial em que nem todos sabiam programar, construído uma primeira representação física daquilo que imaginou.

Os participantes tiveram a possibilidade de explorar individualmente diferentes situações, por terem à sua disposição um robot e um tabuleiro para o desenvolvimento das atividades propostas. Além disto, o facto de poderem testar os pequenos programas que haviam criado e visualizar o seu comportamento, levou ao desenvolvimento de um sentimento de conquista e à apropriação de significados.

Essas experiências podem ser consideradas como um processo de apropriação das ferramentas tecnológicas utilizadas, tanto por ter cada participante explorado essas tecnologias e sofrido a influência dos constrangimentos nelas envolvidos — como, por exemplo, o tempo de vida útil das baterias do robot, a luz incidente sobre os seus sensores e, no caso da plataforma de programação, os problemas envolvidos na sua instalação — quanto pelos aspetos de atração e motivação decorrentes da novidade da sua utilização.

Quando os participantes conseguiram ultrapassar essa primeira fase, os artefactos tecnológicos por eles utilizados passaram a agregar valor, tornando possível a sua utilização no âmbito do grupo.

O papel dos robots foi importante para ‘pensar com’, sendo estes inicialmente utilizados no âmbito dos grupos virtuais como artefactos conceptuais de mediação,

proporcionando elementos para a negociação de significados, contribuindo assim para o desenvolvimento de estratégias para a resolução dos problemas-desafio.

Posteriormente, aquando da elaboração conjunta dos primeiros programas, os robots passaram a ser utilizados na mediação da aprendizagem como artefactos físicos, tendo sido determinantes para a visualização, compreensão e motivação para a aprendizagem dos conceitos matemáticos e de Informática envolvidos na resolução dos problemas-desafio.

Ainda que os momentos iniciais de experimentação individual antes referidos não tenham permitido a obtenção de uma solução final para nenhum dos problemas, os mesmos foram importantes pelo facto dos participantes não responderem individualmente aos problemas da forma como estes foram objetivamente colocados, mas sim em função da maneira como os representaram, o que permitiu que cada membro da comunidade desenvolvesse o seu estilo próprio de participação, uma vez que a aprendizagem, embora seja conjunta no contexto do grupo, dá-se por meio de experiências individuais.

A participação dos integrantes do DROIDE VIRTUAL em diferentes comunidades, com práticas distintas, conduziu a diferentes respostas ante as mesmas circunstâncias. Alguns dos participantes já sabiam programar e outros antes haviam participado em projetos envolvendo robots, havendo ainda alguns que possuíam experiência em competições. Todas essas experiências antes vividas constituíram motivações para a participação no projeto, levando a que cada interveniente estabelecesse uma determinada forma de participação.

O desejo de tornar-se um participante pleno levou os membros da comunidade a percorrer trajetórias de aprendizagem que definiram a sua identidade, tendo alguns deles percorrido trajetórias para fora da mesma, em função de diversos fatores condicionantes, enquanto as trajetórias de outros conduziram ao interior da comunidade.

Enquanto o contexto virtual foi motivo para alguns traçarem trajetórias para o exterior da comunidade, por se terem sentido isolados, para outros este foi o motivo para percorrer uma trajetória distinta, que possibilitou o desenvolvimento de identidades de participação mediante as relações estabelecidas, propiciadas pelo anonimato permitido nesse contexto.

As combinações entre participação e não-participação também refletem as relações com os demais integrantes e com o resto do mundo, sendo usual em contextos virtuais que existam integrantes que pouco interajam com o grupo, restringindo-se estes indivíduos, conhecidos como *lurkers*, apenas a acompanhar o desenrolar dos diálogos entre os demais, sendo no entanto participantes legítimos

periféricos. No caso da comunidade DROIDE VIRTUAL, embora um dos participantes tenha assumido uma identidade de não-participação durante o decorrer do projeto, o mesmo participou ativamente na reunião presencial final, deixando claro que os indivíduos que estabelecem trajetórias periféricas continuam a ter o seu lugar na prática, o que contribui para a sua identidade, além desses muitas vezes levarem a aprendizagem adquirida a outras comunidades das quais também fazem parte.

Numa época em que, cada vez mais, os indivíduos tendem a ser membros de diferentes comunidades, equipas e redes, não pode obviamente uma comunidade em particular, como a do DROIDE VIRTUAL, esperar ter toda a atenção dos seus membros e assumir que todos devam ter o mesmo grau de comprometimento, as mesmas aspirações e as mesmas necessidades, pois, do ponto de vista de cada um deles, é necessário lidar com o aumento do volume e complexidade das suas múltiplas afiliações e encontrar uma participação significativa em todas essas relações, de forma a preservar a sua identidade em todos esses contextos.

O percurso e o posicionamento assumidos por cada um dos participantes ao longo do processo de aprendizagem foram decorrentes do seu envolvimento, da imagem que tinha dos outros e de si próprio e das lideranças dentro do seu grupo, tanto aquela exercida pelos membros mais experientes, quanto a desempenhada pelo *old-timer*, papel este que coube ao tutor, podendo a imagem de cada um como aprendiz ter sido contaminada pelas conceções sobre as aptidões que cada um trouxe consigo.

No projeto DROIDE VIRTUAL, num primeiro momento, todos se encontravam em igualdade de condições, sem ideias ou opiniões preconcebidas, sem roupas de marca ou *smartphones* de última geração, existindo inicialmente apenas a experiência que cada um possuía de viver em sociedade e a imagem que trouxe de si. Durante as primeiras reuniões, aqueles que sabiam um pouco mais de programação acabaram por ser considerados pelos demais como líderes, começando assim a serem definidas as identidades de participação que, no decorrer da prática, foram sendo modificadas em decorrência dos processos de negociação, da criação do sentimento de pertença ao grupo, da imagem que cada um manteve de si próprio e daquela que de si os outros passaram a ter.

Tais lideranças orientaram-se de maneiras distintas nos diferentes grupos. Num deles, o membro mais experiente não encontrou quem lhe fizesse frente em termos de conhecimentos ou o instigasse à descoberta, acabando por se isolar e tentar programar sozinho possíveis soluções para diversos problemas-desafio, orientando-se assim para uma identidade pessoal, concebida em função das suas características e da avaliação por si feita sobre os outros e sobre si próprio. Isto levou à criação de um sentimento de inferioridade nos demais membros do grupo e,

ao mesmo tempo, alimentou uma autoimagem de superioridade. A percepção dos demais participantes de que estavam a ser excluídos, fez com estes, embora possuindo menor experiência, optassem por trabalhar em conjunto, buscando, quando necessário, a ajuda do tutor.

Noutro dos grupos virtuais, o elemento mais experiente, pelo contrário, optou por partilhar conhecimentos, cooperar e promover a negociação, tendo os demais integrantes do grupo reconhecido a sua capacidade, acabando por aceitar naturalmente a sua liderança. Posicionou-se, assim, como um ser interpessoal, concebendo-se predominantemente na relação de significado com os demais participantes.

No último dos grupos, o membro mais experiente foi cauteloso, procurando primeiro conhecer melhor os seus parceiros, tendo a sua liderança sido conquistada pela forma como procurou integrar os recém-chegados, pela responsabilidade e entusiasmo demonstrados e pelo trabalho desenvolvido. Neste sentido, posicionou-se como membro de um grupo, mostrando-se motivado com o bem-estar de todos. Em consequência disto, o membro novato reconheceu nessa liderança um modelo do 'aprender a fazer' e do 'aprender a conviver', tendo, em consequência, percorrido uma trajetória para o interior da comunidade. Assim, tendo em conta a referência que o elemento mais experiente se tornou para esse membro recém-chegado, fica caracterizado o perfil de uma trajetória paradigmática.

Ademais, as interações entre os elementos mais experientes e os participantes com menores conhecimentos na área, além de terem sido relevantes para os processos de negociação, foram igualmente importantes na aquisição dos conhecimentos sobre programação que levaram estes últimos a ter condições de ajudar, efetivamente, no desenvolvimento dos programas informáticos necessários.

Outro aspeto importante da participação na prática da comunidade DROIDE VIRTUAL foi a possibilidade dos participantes consultarem os registos das reuniões, tanto em vídeo quanto em formato texto, o que permitiu que refletissem sobre as atividades e interações anteriormente estabelecidas e acompanhassem a evolução dos seus pensamentos ao longo do tempo, tendo tais registos, necessários em função do contexto virtual, passado a fazer parte da história da prática desenvolvida em cada grupo.

O facto dos participantes terem estado a trabalhar numa comunidade virtual não os desvinculou da sua realidade enquanto alunos de uma determinada escola, tendo os mesmos frequentemente trazido essa experiência para as discussões no âmbito da comunidade, o que estimulou a participação e contribuiu para uma aprendizagem mais significativa, embora com resultados distintos em função da história de cada um. No caso da comunidade DROIDE VIRTUAL, a influência do ambiente

escolar refletiu-se ainda no facto de terem os participantes, por diversas vezes, procurado o apoio dos seus professores para sanar algumas das suas dúvidas.

A participação nos diversos grupos virtuais foi bastante distinta, devendo-se tais diferenças também ao papel desempenhado pelos tutores, que envolveu os pressupostos pedagógicos subjacentes à atuação dos mesmos como professores e a forma como estes estiveram engajados com elementos dos seus grupos na consecução de um empreendimento conjunto.

O papel dos tutores como orientadores, organizadores e mediadores dos processos de aprendizagem permitiu que, em cada um dos grupos, por meio da articulação de conhecimentos, capacidades, práticas e experiências e da gestão de conflitos, se estabelecesse uma dinâmica capaz de dar origem a um repertório mais rico, tendo sido tal dinâmica também influenciada pelos elementos que dela fizeram parte, pelas identidades que estes assumiram e pelas relações entretanto estabelecidas.

A abordagem pedagógica utilizada no projeto DROIDE VIRTUAL enfatizou não apenas a resolução dos problemas-desafio propostos, mas também as formas pelas quais os participantes representaram e partilharam ideias, o contributo que a diversidade de conhecimentos proporcionou para a construção do conhecimento conjunto e a interação entre os indivíduos e destes com os artefactos tecnológicos.

Assim, neste estudo, os problemas-desafio podem ser interpretados como artefactos capazes de revelar aspetos importantes do ato de pensar, tendo sido tais problemas e a sua formulação utilizados tanto para motivar e elucidar conceitos matemáticos e de Informática, como para relacionar tais conhecimentos a outras ideias de áreas distintas.

A interpretação, ou melhor, todo o processo de compreensão de cada problemas-desafio, nada mais foi do que descobrir a questão nele implícita, ou seja, desvendar o que fazia dele um problema, separando a informação supérflua daquela necessária.

Depois de compreendido cada problema, foi necessário estabelecer um plano adequado para a sua resolução, tendo sido, neste sentido, utilizadas diferentes estratégias por cada um dos grupos, incluindo a construção de fluxogramas, a busca de problemas semelhantes cuja solução fosse conhecida e a decomposição dos problemas de maior complexidade em subproblemas mais simples.

A colocação em prática do plano desenvolvido implicou a efetiva programação dos robots, que, assim, passaram a ser empregues pelos participantes como artefactos físicos, utilizados na programação e teste dos resultados, que puderam ser inspecionados e manipulados por todos os intervenientes, pois estes, ainda que

interagindo num contexto virtual, dispunham do seu próprio robot físico, o que levou ao desenvolvimento de habilidades que contribuíram para o reforço da aprendizagem e da assimilação de alguns dos conceitos envolvidos na consecução dos problemas-desafio.

Finalmente, a avaliação, envolvendo neste caso a depuração dos programas, a sua adequação à construção final do robot e a verificação das soluções para os problemas-desafio assim obtidas, levou à reflexão sobre os erros envolvidos, o que propiciou a exploração de novas possibilidades, tendo os robots permitido que esses erros fossem mais facilmente identificados e que múltiplas questões fossem a partir deles geradas, levando assim à produção de novos significados.

Capítulo 6

Conclusões e considerações finais

O projeto DROIDE VIRTUAL foi concebido como uma competição sustentada numa perspectiva de resolução de problemas, desenvolvida num espaço *online*, pretendendo contribuir para a compreensão da aprendizagem, mediada por robots, de conceitos matemáticos e de programação em comunidades virtuais de prática, sendo o principal propósito deste estudo, desenvolvido nesse âmbito, analisar e discutir a noção de participação e o processo de construção do conhecimento nesse contexto virtual. Da experiência vivenciada no projeto, chegou-se às conclusões desta investigação, expostas a seguir, devidamente apoiadas na fundamentação teórica que norteou este estudo.

6.1 Principais conclusões do estudo realizado

Antes da apresentação dos principais resultados obtidos, é conveniente aqui relembrar as principais questões que orientaram o desenvolvimento deste trabalho de investigação, nomeadamente:

- Como se caracteriza a participação no mundo virtual e que aprendizagens emergem dessa participação?
- Qual o papel da Matemática na aprendizagem da programação?
- Qual o papel dos robots na participação nesse mundo virtual?
- Como se caracteriza a prática da resolução de problemas, com a utilização de robots, num espaço virtual?

De forma a melhor organizar a apresentação das conclusões, optou-se por agrupá-las em quatro temas, a seguir desenvolvidos, procurando-se com isto construir uma resposta ao problema em estudo e às questões de investigação dele derivadas.

6.1.1 A participação no mundo virtual e a aprendizagem

O advento da Internet veio proporcionar uma nova interpretação do que se entende por dinâmica social, ao propiciar a ampliação das formas de interação em ambientes formais e não formais, além de oferecer novas maneiras de trabalhar cooperativamente, as quais transpõem os limites geográficos e temporais, levando os indivíduos a reestruturar a forma como aprendem, como se relacionam e também como concebem a si próprios.

A comunidade DROIDE VIRTUAL, ao juntar elementos de três regiões distintas de Portugal, motivados principalmente pelo desejo de programar robots, transpôs tais limites, tendo os seus integrantes se mantido unidos pelo objetivo comum de vencer uma competição criada no âmbito do projeto que lhe deu origem, empreendimento conjunto este que envolveu a construção e a programação de um robot que possibilitasse resolver um conjunto de problemas-desafio de natureza informática, porém com uma orientação matemática, propostos aos participantes. A participação nas práticas desenvolvidas no âmbito da comunidade levou à produção de um repertório comum, o qual foi constantemente negociado de modo a produzir significado para aqueles que nelas estiveram envolvidos.

Os integrantes do DROIDE VIRTUAL, além de pertencerem simultaneamente a outras comunidades, possuíam interesses e percursos de vida distintos, sendo esta diversidade de contextos que tornou mais rica a aprendizagem conjunta. A trajetória e o posicionamento assumidos pelos participantes no decorrer do processo de aprendizagem foram resultantes do seu engajamento, da imagem que tinham dos demais e de si próprios e das lideranças, tanto exercidas pelos membros mais experientes, quanto a desempenhada pelos tutores.

A possibilidade de desenvolvimento de uma identidade própria de participação em função da trajetória percorrida foi uma característica que definiu a participação na prática da comunidade DROIDE VIRTUAL, aqui entendida como a experiência dos seus membros em viver, com um sentido de pertença à mesma, engajados de forma ativa no empreendimento conjunto por eles definido, estando essa identidade intimamente relacionada às questões da imagem e da liderança no âmbito da comunidade. Tal imagem englobou tanto a visão que cada participante tinha de si próprio, quanto a imagem que tinha dos outros e a que os outros tinham de si, manifestando-se assim a mesma na identidade assumida como um produto desses distintos pontos de vista.

Nesse sentido, a imagem que cada um tinha de si próprio estava relacionada tanto à identidade pessoal, formada ao longo do tempo e incorporando também algo de imaginativo e idealizado sobre a sua individualidade, como referido por Hall

(2006), quanto às relações mantidas com os demais participantes da comunidade DROIDE VIRTUAL e com os membros das outras comunidades a que pertencia e da posição assumida em cada uma delas.

Por sua vez, a imagem que cada participante tinha dos demais no âmbito da comunidade envolveu as suposições assumidas sobre o que os outros seriam, podendo tais suposições ter conduzido tanto a uma identidade de participação quanto de não-participação.

Um exemplo disso foi a situação ocorrida num dos grupos virtuais, no qual um dos membros, por ter bons conhecimentos de programação e mais experiência que os demais, tinha de si próprio uma imagem de superioridade, não tendo paciência para negociar com os outros membros do grupo, o que fez com que, numa fase inicial do projeto, tenha acabado por assumir uma identidade de não participação. A reestruturação no estatuto social dentro do grupo daí decorrente fez com que os demais membros alterassem a imagem que tinham deles próprios, de serem menos capacitados, levando assim a uma mudança na sua forma de atuação.

Já a imagem que os outros membros tinham de cada participante referia-se à identidade social, derivada da sua pertença a diferentes comunidades que, de alguma forma, eram-lhes significativas, bem como do conceito que tinham deles próprios, identidade esta que começou a ser construída a partir do instante em que os participantes estabeleceram uma relação de pertença ao grupo.

A liderança, por seu turno, manifestou-se nas relações entre as trajetórias assumidas pelos membros da comunidade, tendo sido uma consequência das identidades individuais e sociais dentro de cada grupo.

No projeto DROIDE VIRTUAL, os papéis de liderança manifestaram-se de forma distinta nos diferentes grupos virtuais. Num dos grupos, por exemplo, o papel de liderança naturalmente acabou por recair no elemento mais experiente, que sempre procurou partilhar conhecimentos, cooperar e promover a negociação, em função do facto dos demais integrantes do grupo, em vista dos seus conhecimentos e do seu comportamento, terem desde o início reconhecido a sua capacidade.

Noutro grupo, a liderança foi gradualmente conquistada em decorrência da responsabilidade, entusiasmo e capacidade de trabalho evidenciada pelo elemento mais experiente, bem como pelo cuidado em conhecer e integrar os restantes membros do grupo que sempre demonstrou, tendo acabado por se tornar numa referência para os demais, percorrendo assim uma trajetória paradigmática.

Por sua vez, o papel do tutor virtual, segundo Martínez (2003; 2004), é o mesmo que o desempenhado por um professor presencial, ou seja, apoiar os participantes para que estes aprendam a pensar e a decidir por si mesmos,

fornecendo *feedback* e gerindo e reforçando as relações entre eles, de forma a assegurar a manutenção do equilíbrio dos ritmos de união e separação no âmbito dos grupos virtuais.

Na comunidade DROIDE VIRTUAL, os tutores, embora atuando de maneiras distintas, na maior parte das vezes mantiveram-se fiéis aos princípios expostos por Fielker (1990), evitando tanto adiantar conhecimentos que poderiam ser deduzidos pelos participantes quanto corrigir os erros identificados, de forma a não interferir na exploração de novas possibilidades que pudessem ser úteis para a resolução dos problemas-desafio propostos.

Nesse sentido, um exemplo a destacar foi o caso de um dos tutores, que, por ter uma visão mais abrangente do que é aprender, estimulou a participação dos integrantes do grupo por si apoiado, levando-os a explorar e a discutir diferentes possibilidades para a obtenção de uma solução para cada um dos problemas-desafio. Particionou o grupo, de forma a que, num primeiro momento, cada um dos membros pudesse explorar as suas potencialidades, levando a que mesmo os elementos com menores conhecimentos em termos de programação tivessem condições de elaborar pequenos programas e contribuir de forma efetiva para a resolução dos problemas-desafio mais complexos.

Esta postura de incentivo a que cada um contribuísse da melhor forma, de acordo com as suas competências, permitiu que os aprendizes desenvolvessem a autoconfiança necessária para uma participação mais efetiva nas discussões e na resolução dos problemas-desafio, tendo este processo de estímulo à exposição das diferentes ideias dos participantes contribuído para promover as negociações subsequentes, levando os aprendizes a participar nas atividades daquela prática sem se aperceberem da reificação do conhecimento adquirido.

Por outro lado, a tecnologia, além de ter permitido à comunidade DROIDE VIRTUAL funcionar de maneira efetiva, estruturando a forma como esta se organizou e como nela foram expressas as fronteiras e as relações entre os participantes, contribuiu também tanto para a participação quanto para a reificação, forçando as fronteiras entre ambas ao tornar possível à comunidade abrir-se para um mundo mais amplo. Saber equilibrar a produção de material resultante da reificação com as diferentes formas de participação não é uma tarefa fácil, tendo por isto sido importante o papel desempenhado pelos tutores na participação nessa prática.

As tecnologias empregues no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL incluíram, por exemplo, uma plataforma de *e-learning*, ferramentas de comunicação como os *softwares* ooVoo e Messenger, que possibilitar manter registos das reuniões virtuais e deles fazer transcrições, que passaram a fazer parte da história da prática, o SkyDrive, empregue para a partilha de relatórios, fluxogramas, vídeos e outros

documentos criados, que serviram como artefactos para a negociação de significados, bem como um *blog* criado para estimular a discussão sobre os documentos publicados, de modo a envolver todos em torno de um mesmo objetivo.

Além disso, a utilização dos robots como artefactos tecnológicos de mediação num contexto virtual foi determinante não só para motivar a aprendizagem, mas principalmente para a visualização dos resultados fornecidos pelos programas elaborados e a compreensão dos conceitos matemáticos e de Informática envolvidos na resolução de cada um dos problemas-desafio.

Além disso, enquanto para alguns participantes o contexto virtual, onde as conversações feitas com recurso às tecnologias não se baseiam na interação face-a-face, foi motivo para uma trajetória para o exterior da comunidade, por nele se sentirem isolados, para outros a virtualidade foi o motivo para percorrerem uma trajetória em sentido oposto, para o interior da comunidade, tendo o anonimato possível nesse contexto, que ajuda a combater a timidez e a dificuldade de expressão, contribuído para o desenvolvimento das identidades de participação desses membros.

Embora o tempo e o espaço tenham constituído um desafio para o desenvolvimento da prática da comunidade DROIDE VIRTUAL, não só pelas dificuldades em estabelecer horários comuns para as reuniões virtuais, mas também, e principalmente, por ser necessário garantir a manutenção do engajamento mútuo, o contexto virtual e não formal no qual o projeto DROIDE VIRTUAL foi desenvolvido possibilitou uma maior liberdade de expressão e de experimentação do que aquela possível numa sala de aula, tendo o alinhamento dos participantes nesse empreendimento, com o apoio dos tutores e o suporte da tecnologia, assegurado que as práticas desenvolvidas levassem à efetiva partilha de recursos e a uma consequente aprendizagem mais significativa.

6.1.2 O papel da matemática na aprendizagem da programação com robots

Ao contrário da Informática, que é uma área em rápida mudança, a Matemática tem uma longa história, sendo um domínio estável e bem testado que possui uma linguagem universal suficientemente rica e abrangente para permitir a comunicação entre indivíduos com formações e conhecimentos distintos.

No entanto, a Informática é inteiramente construída sobre **abstrações** (Devlin, 2003), o que sugere que a aprendizagem da matemática e o fazer matemática — cujo maior benefício não são os conteúdos específicos envolvidos, mas sim o facto de desenvolverem a habilidade de raciocinar de forma precisa e analítica sobre estruturas abstratas formalmente definidas — podem desempenhar

um papel importante aquando da aquisição de conhecimentos informáticos, em particular no estudo de algoritmos e na aprendizagem da programação, pois, uma vez que se tenha aprendido a raciocinar de forma precisa sobre um determinado conjunto de abstrações, raciocinar sobre outras exige relativamente pouco esforço.

Assim, como a Informática envolve, toda ela, a construção, a manipulação e o raciocínio sobre abstrações, torna-se claro que um importante pré-requisito para o desenvolvimento de programas informáticos é a capacidade de lidar com abstrações de uma maneira precisa, como ocorre na Matemática.

Considerando que o **raciocínio matemático** compreende a aplicação, explícita ou implícita, de técnicas, conceitos e processos de natureza matemática na resolução de problemas de qualquer domínio do conhecimento (Henderson *et al.*, 2001; Henderson, 2003), a exposição a atividades e problemas matemáticos mentalmente mais desafiadores e a tópicos de Informática orientados para a Matemática pode contribuir para o desenvolvimento da capacidade de abstração, bem como estimular a criatividade na resolução de problemas, como afirmam Bruce, Drysdale, Kelemen e Tucker (2003).

A elaboração e proposição aos integrantes do projeto DROIDE VIRTUAL de um conjunto de problemas-desafio de carácter informático, porém matematicamente orientados, objetivou explorar a proximidade entre essas duas áreas do conhecimento, de forma a possibilitar a percepção de como ocorre a aprendizagem de conceitos matemáticos e informáticos quando os espaços deixam de estar limitados pelas paredes de uma sala de aula.

Na comunidade DROIDE VIRTUAL, os conceitos e conhecimentos matemáticos e de Informática necessários à programação dos robots estiveram interligados nas ferramentas utilizadas e na própria prática dos participantes, o que os levou, no decorrer do projeto, a deixarem de interpretá-los especificamente como matemática ou como programação, passando os mesmos a serem meras ferramentas para a consecução de um objetivo comum, que era a resolução dos problemas-desafio propostos.

Segundo Schoenfeld (2012), as ferramentas matemáticas, ou seja, tudo aquilo que é usado quando se faz matemática, compreendem conteúdos, como álgebra, geometria, trigonometria ou funções, bem como representações, que incluem, por exemplo, os gráficos, os diagramas e o simbolismo algébrico. Assim, parte do que se entende por fazer matemática passa por ter essas ferramentas à disposição, saber para que servem e utilizá-las de forma adequada e eficaz.

A solução informática de muitos problemas envolve a construção de uma representação matemática de um domínio real e a sua implementação, sendo de

natureza matemática tanto a construção dessas representações abstratas quanto a sua análise (Henderson, 2003). Assim, a Matemática pode ser útil em todas as etapas da estratégia geral de programação de computadores definida por Perkins (1981), que incluem a determinação das entradas e saídas do programa a ser elaborado, a especificação do algoritmo usando uma pseudo-linguagem ou um fluxograma, o desenvolvimento do código computacional correspondente e a depuração do programa e verificação dos resultados por ele fornecidos.

Os exemplos e argumentos a seguir apresentados evidenciam algumas das características e habilidades de carácter matemático demonstradas por participantes do projeto DROIDE VIRTUAL e apontadas como desejáveis pelos *Common Core State Standards for Mathematics* (CCSSI, 2010), que dão ênfase ao raciocínio abstrato e quantitativo, exposição esta que, além de permitir perceber que a prática da resolução dos problemas-desafio propostos conduziu ao desenvolvimento da capacidade de abstração e estimulou a criatividade dos participantes na resolução de problemas, ajuda a compreender melhor os motivos da Matemática e do raciocínio matemático serem importantes na Informática, em particular na aprendizagem da programação mediada por robots num contexto virtual.

Os participantes do projeto DROIDE VIRTUAL utilizaram-se dos artefactos de que dispunham, como o robot, e também daqueles por eles criados, como desenhos, fluxogramas e animações em Flash, para a representação dos problemas-desafio propostos, o que facilitou a sua compreensão e forneceu subsídios para os processos de negociação resultantes da interação entre os participantes que, tendo feito conjecturas sobre a forma e o significado das soluções dos problemas-desafio e possuindo uma opinião própria sobre a forma de resolvê-los, construíram argumentos válidos para defendê-las, recorrendo muitas vezes a contraexemplos ou a exemplos semelhantes com solução conhecida para sustentar as suas argumentações.

Além da tendência evidenciada principalmente pelos participantes menos experientes em construir argumentos usando referências concretas, de modo a que as suas argumentações pudessem fazer sentido, pode-se aqui destacar a importância da referência concreta representada pelo robot como ferramenta tecnológica, cuja utilização permitiu avaliar o progresso do empreendimento conjunto, realizar alterações e voltar atrás quando necessário, de forma a ter uma visão mais global e perspetivar possíveis redireccionamentos no processo de resolução dos problemas.

Os participantes demonstraram ainda habilidades para traçar diagramas de forma a evidenciar relações importantes e para recorrer a representações gráficas quando necessário, tendo sido ainda capazes de verificar e interpretar de forma

contextualizada as respostas obtidas e refletir sobre a sua plausibilidade, além de terem conseguido compreender as distintas abordagens para a resolução de problemas sugeridas pelos colegas e sido igualmente capazes de identificar a existência de correspondências entre essas diferentes abordagens.

Alguns dos integrantes do projeto foram ainda capazes de buscar outras abordagens que permitiram encontrar correspondências que levaram a outros possíveis caminhos para a solução, tendo, por exemplo, os membros de dois dos grupos virtuais trazido à discussão o conceito de função bloqueante, que haviam ido buscar a outras fontes, objetivando com isto conseguir compreender o seu significado e aplicação, que não haviam conseguido perceber na leitura dos documentos consultados.

Os membros da comunidade DROIDE VIRTUAL demonstraram ser também capazes de aplicar a matemática por eles conhecida na resolução dos problemas propostos, como o emprego de conhecimentos de trigonometria para o cálculo da área do triângulo a ser determinada com o emprego do robot, bem como de fazer aproximações, como no caso em que um dos participantes utilizou um fio para medir de forma aproximada o perímetro das rodas do robot, de forma a utilizá-lo no cálculo da distância percorrida pelo mesmo, tendo sido ainda capazes de mapear relações entre as grandezas envolvidas usando representações gráficas e fórmulas, como, por exemplo, no caso da descrição do algoritmo proposto por um dos participantes para a resolução do problema-desafio envolvendo o cálculo da área do triângulo.

Na resolução de outro problema-desafio, os participantes discutiram qual a unidade de medida que deveriam considerar na determinação dos valores de intensidade da luz refletida e da frequência das cores, tendo depois verificado que os valores medidos pelo sensor de luz dos robots possuíam amplitudes diferentes para os robots de cada um dos membros de um mesmo grupo, acabando por perceber que os valores, embora pertencessem a uma faixa de frequências, eram influenciados pela intensidade da luz refletida medida pelo sensor, tendo com isto percebido ser este mais um fator que deveriam ter em conta na programação a ser feita na busca de uma solução mais adequada para o problema em causa.

Alguns participantes tiveram também o cuidado de utilizar definições claras e inequívocas nas discussões e na elaboração do seu próprio raciocínio, bem como corrigir os colegas quando algum conceito não era por eles expresso da maneira correta, como aconteceu num dos grupos quando um dos membros referiu-se ao perímetro como a distância entre dois pontos, sendo imediatamente corrigido pelo colega que demonstrou ter uma maior preocupação com a correção da terminologia e da linguagem empregue na comunicação com os demais.

A preocupação com a elaboração de algoritmos bem estruturados, capazes de permitir a obtenção de programas passíveis de serem facilmente adaptados e aplicados a uma classe mais alargada de problemas, foi também evidenciada por alguns dos participantes, nomeadamente pelos membros de um dos grupos virtuais.

Os participantes do projeto tentaram encontrar regularidades e identificar e fazer uso de padrões e de estruturas presentes nos programas exemplo do manual da plataforma de programação e nos programas referentes aos problemas-desafio já resolvidos, utilizando-os como estratégia para resolução dos problemas que poderiam envolvê-las, como aconteceu, por exemplo, quando constataram que o emprego de um único robot possibilitava a utilização das mesmas definições iniciais e dos mesmos parâmetros para a resolução de todos os problemas.

Outra estratégia empregue pelos membros da comunidade DROIDE VIRTUAL foi a de interpretar problemas mais complexos como uma composição de problemas de menor complexidade, buscando igualmente soluções para estes nos exemplos e nos problemas anteriormente abordados, tendo sido a preocupação com a assimilação da ideia de que um problema pode ser decomposto em formas mais simples um dos fatores considerados na proposição dos problemas-desafio.

Além disso, determinados problemas-desafio foram propostos com o objetivo de aproximar a matemática dos livros escolares à matemática da vida real, como é o caso de um problema que envolveu fatores como a inércia do robot e o atrito das rodas com o tabuleiro de papel, tendo a utilização dos robots, neste caso, contribuído para aproximar os participantes dessa realidade presente no dia a dia.

Assim, a resolução dos problemas-desafio propostos no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL possibilitou mais do que o sucesso alcançado com o resultado final da competição, uma vez que encorajou os participantes a serem mais críticos e criativos, não apenas no que se refere à Matemática ou à Informática, mas também sobre muitos dos aspetos que ligam estas disciplinas, tendo ainda permitido que os mesmos obtivessem uma maior compreensão de si próprios, dos colegas e de toda a comunidade.

6.1.3 O papel dos robots na aprendizagem

Na elaboração de uma representação para os problemas-desafio propostos, cada participante, após a leitura e interpretação dos enunciados dos mesmos, numa fase inicial em que ainda nem todos sabiam programar, construiu um robot que representava aquilo que por si foi inicialmente imaginado, pois os participantes não responderam individualmente aos problemas da forma como os mesmos foram

objetivamente a eles colocados, mas sim da maneira como os representaram, facto este já destacado por Costermans (2001).

Embora essas primeiras representações físicas daquilo que foi imaginado pelos participantes não tenham constituído uma solução para todos os problemas-desafio, como desejado, tais momentos de experimentação individual, possíveis por terem à sua disposição um robot e um tabuleiro para o desenvolvimento das atividades propostas, foram importantes por terem permitido a cada membro da comunidade desenvolver o seu estilo próprio de participação.

Além disso, o facto de ter sido possível a visualização do comportamento do robot resultante dessa primeira representação física daquilo que foi imaginado por cada um dos participantes, levou a que estes comesçassem a se apropriar do significado das ferramentas tecnológicas utilizadas e daquilo que o uso das mesmas envolve, tanto por terem tido os participantes condições adequadas para sua exploração, quanto pela motivação decorrente da novidade do seu uso.

Ultrapassados esses primeiros momentos individuais de experimentação, as ferramentas tecnológicas utilizadas passaram a agregar significado, tornando assim possível o seu emprego no âmbito de cada um dos grupos. Os robots passaram assim a ser empregues pelos participantes como elementos **mediadores** da aprendizagem nas atividades de resolução dos problemas-desafio propostos, tendo sido inicialmente utilizados como **artefactos conceptuais** de mediação, contribuindo para a negociação de significados e para a criação de estratégias adequadas à resolução dos problemas-desafio.

No decorrer da prática, aquando da implementação computacional dos algoritmos resultantes dos processos de negociação desenvolvidos no âmbito de cada um dos grupos, os robots passaram a ser utilizados na mediação da aprendizagem como **artefactos físicos**, que permitiram a visualização dos resultados obtidos, a identificação de erros nos programas elaborados e consolidação dos conhecimentos adquiridos.

Os robots, por poderem ser examinados visualmente aquando da execução dos programas desenvolvidos pelos participantes para a resolução dos problemas-desafio, desempenharam um importante papel na obtenção de soluções adequadas para esses problemas, uma vez que a criação de representações externas para as soluções propostas e o seu exame visual permitiram mais facilmente perceber os aspetos problemáticos dessas soluções tentativas, como destacam vários autores, de entre os quais Reisberg (1987) e Nardi e Zarmer (1993), possibilitando com isto a alteração das soluções propostas, de forma a poderem atender às exigências impostas pelos critérios definidos nos enunciados desses problemas.

No processo de adaptação dos programas elaborados à construção final do robot definida por cada grupo, os robots, ao permitirem evidenciar os erros de programação, levaram à formulação de novas questões, aspeto este também referido por Brown (2008) ao afirmar que os erros devem ser vistos como geradores de questões capazes de transformar a realidade existente, tendo assim tais questões e as negociações delas decorrentes conduzido à reavaliação das perspetivas dos participantes e à produção de novos significados.

Essa adaptação à construção final do robot promoveu também a consolidação dos conhecimentos adquiridos, pois embora o código desenvolvido para a resolução de cada um dos problemas-desafio tenha sido específico, as definições iniciais e os parâmetros utilizados foram os mesmos, o que exigiu o aperfeiçoamento dos programas previamente elaborados em função da restrição de ter de ser construído um único robot capaz de permitir a resolução de todos os problemas-desafio propostos, forçando assim a uma revisão dos conceitos e processos conhecidos e da experiência adquirida nesta e noutras práticas.

6.1.4 A prática da resolução de problemas no espaço virtual com a utilização de robots

A resolução de problemas mediada por robots, na perspetiva do projeto DROIDE VIRTUAL, pode ser melhor compreendida imaginando que esta envolveu processos distintos, nomeadamente a **conceção**, que incluiu a obtenção de conhecimentos, a compreensão sobre o que devia ser construído e a definição dos passos para a obtenção de uma solução para os problemas, a **criação**, ou seja, a transformação do mundo nesse contexto, referindo-se tal transformação ao processo que levou um conjunto de peças LEGO a se tornar numa solução para os problemas-desafio, e a **comunicação** entretanto estabelecida.

Nesse sentido, o processo de aprendizagem decorrente da resolução dos problemas-desafio propostos, que envolveu a construção do robot e a sua programação, teve como artefactos mediadores, de entre outros, os ambientes de programação, as ferramentas de desenho, de multimédia e de comunicação, as peças LEGO e o próprio robot construído.

O diagrama apresentado na Figura 6.1 mostra a ligação proposta entre os processos antes referidos e as etapas de compreensão, elaboração, execução e verificação da estratégia de resolução de problemas apresentada por Pólya (1978), correspondentes, no contexto dos ambientes de programação, às etapas de organização, abstração, formalização e depuração definidas por Perkins (1981).

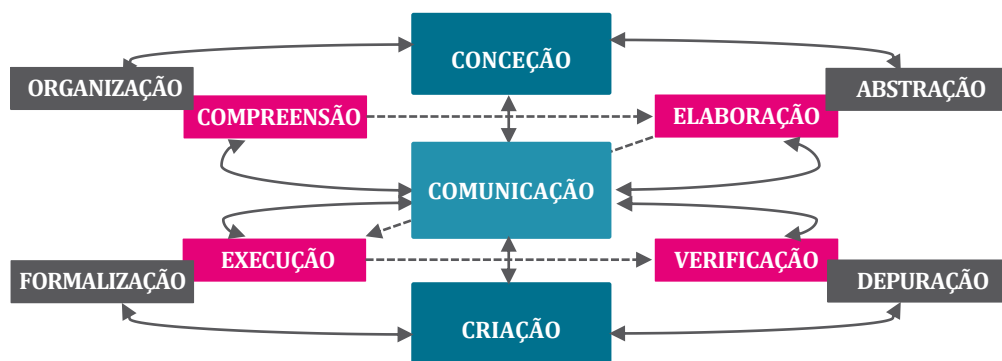


Figura 6.1 – As fases de concepção, comunicação e criação e sua relação com as etapas das estratégias de Pólya (1978) e de Perkins (1981).

Como é possível observar na figura anterior, a concepção, nesta proposta, corresponde às etapas de compreensão do problema e de elaboração de um plano da estratégia geral de Pólya (1978), enquanto que a criação está relacionada à execução desse plano e à verificação dos resultados obtidos, estando a comunicação envolvida em todas as etapas antes referidas.

O facto da fase de concepção, nesta proposta, englobar as duas primeiras etapas das estratégias de Pólya (1978) e de Perkins (1981), decorre da observação de que as mesmas, na prática da resolução de problemas mediada por robots no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL, não decorreram de forma estanque, uma vez que os processos de negociação que levaram ao desenvolvimento de estratégias e à posterior construção de algoritmos para a resolução dos problemas-desafio obrigaram entretanto os participantes a uma reinterpretação dos problemas e à consequente revisão do entendimento inicial sobre os mesmos que trouxeram da etapa anterior, tendo sido igualmente necessário a procura de fontes adicionais de informação para a compreensão de novos conceitos envolvidos na elaboração de algoritmos mais eficazes, busca esta também típica da etapa de compreensão, estando assim aquelas duas primeiras etapas interligadas.

Da mesma maneira, a fase de criação proposta neste trabalho incorpora as duas últimas etapas das estratégias gerais de Pólya (1978) e de Perkins (1981), pelo facto da implementação dos algoritmos antes desenvolvidos na linguagem de programação adotada e do teste dos programas elaborados e verificação dos resultados por eles fornecidos não terem ocorrido de forma isolada, tendo o teste dos programas com o emprego dos robots, de forma a verificar se estavam a resolver corretamente os problemas-desafio propostos, acontecido de forma continuada durante o desenvolvimento dos códigos computacionais e não apenas após o término da escrita dos programas.

Assim, no que se segue, não serão mais referidas as etapas das estratégias de Pólya (1978) e de Perkins (1981), sendo adotadas as fases da proposta aqui

apresentada na exposição das conclusões sobre a prática da resolução dos problemas-desafio no espaço virtual com a utilização de robots.

A fase de **concepção** teve início com a identificação e a representação de cada um dos problemas-desafio, o que levou os participantes a explorar as suas ideias, fazendo uso de todas as formas de representação possíveis no contexto virtual para além da verbal e escrita, de modo a que estas formas de **comunicação** suportadas pela tecnologia propiciassem meios de negociação capazes de levar à efetiva compreensão dos problemas, uma vez que os recursos tecnológicos têm a capacidade de mudar a maneira como os participantes sentem o que é estarem juntos na consecução de um empreendimento comum.

Ainda na mesma fase, foi necessário que os participantes pensassem em estratégias adequadas para a resolução dos problemas-desafio propostos. Como o manual disponibilizado aos integrantes do projeto continha alguns exemplos simples de programas para os robots, alguns participantes apoiaram-se nesses exemplos para começar a programar, tendo a busca de problemas similares com solução conhecida capazes de fornecer elementos para a resolução dos problemas-desafio em causa sido uma das estratégias de resolução de problemas adotadas.

Nesta fase, foi também importante a opção dos participantes de abordar primeiro os problemas-desafio mais simples, envolvendo tarefas passíveis de serem resolvidas com a execução de apenas alguns comandos, tendo esta opção sido particularmente útil para os participantes com menos experiência, que estavam a aprender a programar.

Um dos problemas propostos, que envolveu o reconhecimento da ordem de um conjunto de peças e a proposição de uma sequência de trocas duas a duas para ordená-las, era particularmente desafiador, por existir uma multiplicidade de caminhos, mais longos ou mais curtos e eficientes, que poderiam conduzir do estado inicial ao estado final de ordenação, não tendo nenhum dos grupos virtuais conseguido delinear uma estratégia eficaz para a sua resolução.

Na verdade, esse problema poderia ter sido resolvido com o emprego de diferentes estratégias, incluindo a tentativa e erro, a redução gradual da distância entre o estado inicial de ordenação e o estado final desejado ou, ainda, uma solução de natureza hierárquica (Costermans, 2001), envolvendo a decomposição do estado de ordenação desejado num conjunto de estados de menor complexidade, sendo estes igualmente decompostos noutros ainda mais simples.

No entanto, além das estratégias de construção de fluxogramas, elaboração de desenhos e criação de animações igualmente empregues pelos participantes, essa estratégia de decomposição de um problema mais complexo em subproblemas mais

simples foi também utilizada na resolução de alguns problemas-desafio, embora não tenham os participantes conseguido vislumbrar uma solução envolvendo esta mesma estratégia para o problema de maior complexidade antes referido.

A fase de **criação** envolveu a efetiva programação dos robots utilizando a linguagem de programação escolhida na fase inicial após um processo de negociação entre os participantes, tendo os robots assim passado a ser encarados como artefatos físicos a serem empregues no teste dos programas em desenvolvimento e na verificação dos resultados por eles fornecidos.

A possibilidade da regular verificação com o robot das possíveis soluções entretanto programadas contribuiu para a apropriação dessa ferramenta tecnológica, tendo alguns dos fatores que influíram nessa programação, de entre os quais o tempo de vida útil das baterias do robot, a luz incidente sobre os seus sensores e o atrito entre as rodas e o tabuleiro utilizado, sido experienciados de forma distinta pelos participantes, o que propiciou processos de negociação capazes de levar à obtenção de uma construção única do robot que permitisse a obtenção de uma solução para os problemas propostos, tendo a prática desenvolvida produzido um repertório comum de recursos que incluiu os programas desenvolvidos para representar a solução dos problemas-desafio.

O processo de programação dos robots para a resolução dos problemas-desafio pode ser visto, neste contexto, de duas formas distintas. Numa visão tradicional, é um mapeamento do entendimento que os participantes tinham de um determinado problema num programa informático. Nesta visão do ambiente de programação utilizado como um dispositivo facilitador da implementação dos passos para a resolução de um dado problema-desafio, pode-se considerar que o mesmo foi corretamente compreendido se tiver sido reificado sob a forma de um programa eficiente. Por outro lado, se a programação desenvolvida na fase de criação for interpretada como resolução de problemas, o ambiente de programação empregue pode ser enxergado de forma distinta, passando neste caso o foco a não estar mais na implementação como um mapeamento, mas sim na facilitação do processo de resolução dos problemas em causa.

Esta fase envolveu ainda a depuração dos programas elaborados, de forma a assegurar a sua adequação à construção final do robot entretanto negociada, bem como a verificação das soluções para os problemas-desafio fornecidas por esses programas, o que conduziu ainda à discussão dos erros neles encontrados e a melhor maneira de corrigi-los.

A resolução dos problemas-desafio foi assim um empreendimento conjunto, no qual vários indivíduos com diferentes experiências, separados pela distância geográfica, mas por ele unidos no mundo virtual em função de motivos distintos,

engajaram-se na criação de algo novo, um robot capaz de resolver os problemas-desafio propostos no âmbito do projeto DROIDE VIRTUAL, tendo a **comunicação**, tanto efetuada pela troca de experiências e partilha de conhecimentos sobre o processo de construção e programação do robot quanto pelos demais meios que integram o repertório partilhado da comunidade, sido essencial para a consecução desse empreendimento comum.

6.2 Sugestões de trabalho futuro

As conclusões do trabalho de investigação realizado, antes apresentadas, baseiam-se na percepção da autora deste estudo, desenvolvida a partir da análise dos dados recolhidos durante a fase experimental do projeto DROIDE VIRTUAL sob o olhar da teoria da aprendizagem situada e da resolução de problemas.

No entanto, a riqueza dos dados recolhidos permite que estes possam ser olhados e explorados sob outras perspetivas, como, por exemplo, a da Teoria da Atividade (Engeström, 1987; Engeström, Miettinen, & Punamaki, 1999).

Outra sugestão é a reanálise desses mesmos dados, tendo ainda por base a fundamentação teórica adoptada neste estudo, deslocando, no entanto, o foco para o aprofundamento do estudo do papel desempenhado pelos tutores na aprendizagem dos seus tutelados ou para o papel de cada participante na consecução dos objetivos comuns, de forma a analisar mais detidamente as trajetórias individuais de aprendizagem.

Portanto, novos olhares sobre a comunidade do projeto DROIDE VIRTUAL podem ser desenvolvidos, objetivando compreender outros aspetos da aprendizagem realizada em espaços virtuais não especificamente abordados neste trabalho de investigação.

Referências bibliográficas

- Abreu, G. (2000). O papel mediador da cultura na aprendizagem da Matemática: A perspectiva de Vygotsky. *Educação, Sociedade & Culturas*, 13, 105–117.
- Adiguzel, T., & Akpinar, Y. (2004). Improving school children's mathematical word problem solving skills through computer-based multiple representations. In M. Simonson, & M. Crawford (Eds.), *Annual Proceedings of Selected Research and Development Papers Presented at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology* (Vol. 1, pp. 1–10). Bloomington, IN: AECT.
- Adler, P., & Adler, P. (1987). *Membership roles in field research*. Newbury Park, CA: Sage.
- Alimisis, D. (2007). Robotics-enhanced constructivist learning: The TERECoP project. In P. Koulouris, & S. Sotiriou, *Rural learning for development: Experiences from Europe* (pp. 209-215). Athens, Greece: Ellinogermaniki Agogi.
- Alimisis, D. (Ed.). (2009). *Teacher education on robotics-enhanced constructivist pedagogical methods*. Athens: School of Pedagogical and Technological Education.
- Alimisis, D., Moro, M., Arlegui, J., Pina, A., Frangou, S., & Papanikolaou, K. (2007). Robotics & constructivism in education: the TERECoP project. In I. Kalaš (Ed.), *EuroLogo 2007: 40 Years of Influence on Education*. Bratislava: Comenius University.
- Andrade, A. (2005). Comunidades de prática – uma perspectiva sistêmica. *Nov@ Formação*, 5, 1–5.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control process. In K. W. Spence, & Y. T. Spence (Eds.), *Advances in the psychology of learning and motivation research and theory* (Vol. 2, pp. 89–195). New York: Academic Press.

- Barab, S., & Duffy, T. M. (2000). From practice fields to communities of practice. In D. H. Jonassen, & S. M. Land (Eds.), *Theoretical foundation of learning environments* (pp. 25–55). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Barak, B., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289–307.
- Barriuso, J. M., Castellano, E., Cebrián, J., Garcia, J., Haro, M. J., Herreros, M., Pérez, I., Valiente, J. L., & Vidoso, I. (2004). Experiencias com robots en aulas de secundaria. In J. M. Sánchez Pérez, J. A. Gómez Pulido, M. A. Vega Rodríguez, B. Fernández Manjón, & J. Bravo Rodríguez (Eds.), *Avances en Informática Educativa*. Cáceres, España: Servicio de Publicaciones, Universidad de Extremadura.
- Becker, H., & Ravitz, J. (1999). The influence of computer and internet use on teachers' pedagogical practices and perceptions. *Journal of Research on Computer in Education*, 31(4), 356–385.
- Boavida, A. (1994). Contributo para a compreensão das representações pessoais dos professores sobre resolução de problemas. In D. Fernandes, F. Lester, A. Borralho, & I. Vale (Coords.), *Resolução de problemas na formação inicial de professores de matemática: múltiplos contextos e perspectivas* (pp. 129–157). Aveiro: Grupo de Investigação em Resolução de Problemas.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora.
- Brickson, S. (2000). The impact of identity orientation on individual and organizational outcomes in demographically diverse settings. *Academy of Management Review*, 25(1), 82–101.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42.
- Brown, S. I. (2008). *Reconstruir a matemática escolar: problemas com problemas e o mundo real*. Mangualde: Edições Pedagogo.
- Bruce, K. B., Drysdale, R. L. S., Kelemen, C., & Tucker, A. (2003). Why math? *Communications of the ACM*, 46(2), 41–44.
- Burn, J., & Barnett, M. (1999). Communicating for advantage in the virtual organization. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 42(4), 215–222.
- Butts, T. (1980). Posing problems properly. In S. Krulic, & R. E. Reys (Eds.), *Problem solving in school mathematics* (pp. 23–33). Reston, VA: NCTM.

- Cabral, J. P. (1983). Notas críticas sobre a observação participante no contexto da etnografia portuguesa. *Análise Social*, 19(76), 327–339.
- Cabrita, I. (1998). *Resolução de problemas: aquisição do modelo de proporcionalidade direta apoiada num documento hipermédia*. (Tese de Doutoramento). Universidade de Aveiro, Portugal.
- Carreira, S. (2010). Fisionomias da resolução de problemas no ensino da matemática: a "clássica", a "da tecnologia" e a "da modelação". In *Actas do XXI Seminário de Investigação em Educação Matemática*, Aveiro, Portugal. Acedido em 18 de janeiro de 2012, em http://www.apm.pt/files/162221_Conferencia_S_Carreira_4c5838d74b106.pdf.
- Carreira, S. P. G. (1992). *A aprendizagem da trigonometria num contexto de aplicações e modelação com recurso à folha de cálculo*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Castro Martínez, E. (2008). Resolución de problemas: ideas, tendencias e influencias en España. In R. Luengo González, B. Gómez Alfonso, M. Camacho Machín, & L. J. Blanco Nieto (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XII / Investigação em Educação Matemática XII* (pp. 113–140). Badajoz: SEEM / SEIEM.
- Chang, C.-W., Lee, J.-H., Wang, C.-Y., & Chen, G.-D. (2010). Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment. *Computers & Education*, 55, 1572–1578.
- Charles, R., & Lester, F. (1982). *Teaching problem solving: what, why and how*. Palo Alto, CA: Dale Seymour.
- Cliburn, D. C. (2006). Experiences with the LEGO Mindstorms™ throughout the undergraduate computer science curriculum. In *Proceedings of the 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. T2F-1–6). Piscataway, NJ: IEEE Press.
- Cole, M. (1990). Cognitive development and formal schooling: The evidence from cross-cultural research. In L. Moll (Ed.), *Vygotsky and education: Instructional implications and applications of sociohistorical psychology* (pp. 89–110). New York: Cambridge University Press.
- Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline*. Cambridge, MA: Belknap Press.
- Cole, M. (1998). Psicologia sócio-histórico-cultural: algumas considerações gerais e uma proposta para um novo tipo de metodologia genético-cultural. In J. V. Wertsch, P. del Río, & A. Alvarez (Eds.), *Estudos socioculturais da mente* (pp. 161–183). Porto Alegre: Artmed.

- Cole, M. & Scribner, S. (1984). Introdução. In L. S. Vygotsky, *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.
- Common Core State Standards Initiative (CCSSI). (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. Washington, D.C.: National Governors Association Center for Best Practices, Council of Chief State School Officers. Acedido em 13 de abril de 2012, em <http://www.corestandards.org/the-standards/mathematics/>.
- Correia, A. M. R., Paulos, A., & Mesquita, A. (2010). Virtual communities of practice: Investigating motivations and constraints in the processes of knowledge creation and transfer. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 8(1), 11–20.
- Costa, F. A., & Peralta, H. (2008). Comunidades virtuales de aprendizaje: el punto de vista de los participantes. In Rodríguez Illera, J. L. (Org.), *Comunidades virtuales de práctica y de aprendizaje* (pp. 25–56). Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Costermans, J. (2001). *As actividades cognitivas: raciocínio, decisão e resolução de problemas*. Coimbra: Quarteto Editora.
- Daghlian, J. (1995). *Lógica e álgebra de Boole* (4ª ed.). São Paulo: Atlas.
- D'Andrade, R. (1984). Cultural meaning systems. In R. A. Shweder, & R. A. LeVine (Eds.), *Culture theory: Essays on mind, self, and emotion* (pp. 88–122). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dante, L. R. (2002). *Didática da resolução de problemas de matemática* (12ª ed.). São Paulo: Ática.
- Davis, M. (2000). *The universal computer: the road from Leibniz to Turing*. New York: W. W. Norton.
- Descartes, R. (2001). *Discurso do método* (3ª ed.). São Paulo: Martins Fontes.
- Devlin, K. (2003). Why universities require computer science students to take math. *Communications of the ACM*, 46(2), 37–39.
- Dewey, J. (1938). *Logic: the theory of inquiry*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Dillon, J., & Wals, A. E. J. (2006). On the danger of blurring methods, methodologies and ideologies in environmental education research. *Environmental Education Research*, 12(3), 549–558.
- Dougiamas, M., & Taylor, P. C. (2003). Moodle: Using learning communities to create an open source course management system. In *Proceedings of the ED-MEDIA 2003 Conference*, Honolulu, Hawaii, USA. Acedido em 14 de outubro de 2011, em <http://dougiamas.com/writing/edmedia2003/>.

- Dubé, L., Bourhis, A., & Jacob, R. (2006). Towards a typology of virtual communities of practice. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 1, 69–93.
- Eisenhart, M. (2006). Qualitative science in experimental time. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 19(6), 697–707.
- Ely, D. P. (1990). Conditions that facilitate the implementation of educational technology innovations. *Journal of Research on Computing in Education*, 23(2), 298–303.
- Henderson, P. B. (2003). Mathematical reasoning in software engineering education. *Communications of the ACM*, 46(2), 45–50.
- Henderson, P. B., Baldwin, D., Dasigi, V., Dupras, M., Fritz, J., Ginat, D., Goelman, D., Hamer, J., Hitchner, L., Lloyd, W., Marion, B., Jr., Riedesel, C., & Walker, H. (2001). Striving for mathematical thinking. *ACM SIGCSE Bulletin*, 33(4): 114–124.
- Engel, C. E. (1991). Nor just a method but a way of learning. In D. Bound, & G. Feletti (Eds.). *The challenge of problem-based learning*. London: Kogan Page.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to development research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y., Miettinen, R., & Punamaki, R. L. (Eds.). (1999). *Perspectives on activity theory*. New York: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (1999). Innovative learning in work teams: Analysing cycles of knowledge creation in practice. In Y. Engeström, R. Miettinen & R. L. Punamaki (Eds.), *Perspectives on activity theory*, (pp. 377–404). Cambridge: Cambridge University Press.
- English, L. D., Lesh, R., & Fennewald, T. (2008). Future directions and perspectives for problem solving research and curriculum development. In M. Santos, & Y. Shimizu (Eds.), *Proceedings of the 11th International Congress on Mathematical Education*, Monterrey, Mexico. Acedido em 12 de setembro de 2011, em <http://eprints.qut.edu.au/28450/1/c28450.pdf>.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.). *Handbook of research on teaching* (pp. 119–161). New York: Macmillan.
- Fagin, B. (2000). Using Ada-based robotics to teach computer science. In *Proceedings of the 5th annual SIGCSE/SIGCUE ITiCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 148–151). New York: ACM Press.

- Fermé, E., & Fernandes, E. (2005). Projecto DROIDE: Os robots como elementos mediadores entre o aluno e a matemática/informática. *e-Ciência*, 61, 32–33.
- Fermé, E., & Fernandes, E. (2007). Crossing the river with robots: Changing the way of working in an AI subject. In M. Fasli, & C. Price (Eds.), *Proceedings of the 3rd Artificial Intelligence in Education Workshop* (pp. 22–29). Cambridge, UK: BCS.
- Fermé, E., & Gaspar, L. (2007). RCX+PROLOG: A platform to use LEGO Mindstorms robots in Artificial Intelligence courses. In M. Fasli, & C. Price (Eds.), *Proceedings of the 3rd Artificial Intelligence in Education Workshop* (pp. 30–36). Cambridge, UK: BCS.
- Fernandes, D. (1998). Resolução de problemas no ensino e na aprendizagem da Matemática: Uma prioridade que urge concretizar nas salas de aula. In C. Pereira *et al.* (Coords.), *Dia-a-dia com a Matemática – Agenda do professor 1998/1999*. Lisboa: APM.
- Fernandes, D., Borralho, A., & Amaro, G. (Eds.). (1994). *Resolução de problemas: processos cognitivos, concepções de professores e desenvolvimento curricular*. Lisboa: IIE.
- Fernandes, D., Lester, F., Borralho, A., & Vale, I. (Eds.). (1997). *Resolução de problemas na formação inicial de professores de Matemática, múltiplos contextos e perspectivas*. Aveiro: Grupo de Investigação em Resolução de Problemas.
- Fernandes, E. (2004). *Aprender matemática para viver e trabalhar no nosso mundo*. (Tese de Doutoramento). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Fernandes, E., Fermé, E., & Oliveira, R. (2006). Using robots to learn functions in math class. In L. H. Son, N. Sinclair, J. B. Lagrange, & C. Hoyle (Eds.), *Proceedings of the ICMI 17 Study Conference: Technology Revisited* (pp. 152–159). Hanoi: Hanoi University of Technology.
- Fernback, J. (1997). The individual within the collective: Virtual ideology and the realization of collective principles. In S. Jones (Ed.), *Virtual culture: Identity and communication in cybersociety* (pp. 36–54). London: Sage.
- Ferrari, M., Ferrari, G., & Astolfo, D. (2007). *Building robots with LEGO Mindstorms NXT*. Burlington, MA: Syngress.
- Ferreira, P. (2007). *A opção dos alunos pelas tecnologias: um olhar sobre a utilização do Sketchpad na resolução de problemas*. (Dissertação de Mestrado). Universidade do Algarve, Faro, Portugal.

- Fey, J. T. (1989). Technology and mathematics education: A survey of recent developments and important problems. *Educational Studies in Mathematics*, 20(3), 237–272.
- Figueira, O. R. G. (2008). *Droide MLP: potencializando a plataforma*. (Dissertação de Mestrado). Universidade da Madeira, Funchal, Portugal.
- Figueiredo, A. D. (2002). Redes e educação: a surpreendente riqueza de um conceito. In *Redes de aprendizagem, redes de conhecimento*. Lisboa: Conselho Nacional de Educação, Ministério da Educação.
- Fielker, D. (1990). Observation lessons. *For the Learning of Mathematics*, 10(1), 16–22.
- Finke, M., Hommel, G., Scheffer, T., & Wysotzki, F. (1996). Aerial robotics in computer science education. *Computer Science Education*, 7(2), 239–246.
- Flick, U. (2005). *Métodos qualitativos na investigação científica*. (2^a ed.). Lisboa: Edições Monitor.
- Gamboa, R. (2007). Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 2(3), 11–44.
- Gaspar, L. A. S. (2007). *Os robots nas aulas de informática: plataformas e problemas*. (Dissertação de Mestrado). Universidade da Madeira, Funchal, Portugal.
- GAVE (2004). *PISA 2003 – Conceitos fundamentais em jogo na avaliação de resolução de problemas*. Lisboa: Gabinete de Avaliação Educacional do Ministério da Educação.
- Gazire, E. S. (1988). *Perspectivas da resolução de problemas em educação matemática*. (Dissertação de Mestrado). IGCE–UNESP, Rio Claro, SP, Brasil.
- Gil Pérez, D., Dumas Carré, A., Caillot, M., Martínez Torregrosa, J., & Ramírez Castro, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, 3–20.
- Graça, M. (2003). Avaliação da resolução de problemas: Que relação entre as concepções e as práticas lectivas dos professores? *Quadrante: Revista de Investigação em Educação Matemática*, 12(1), 53–73.
- Greenhow, C., & Robelia, B. (2009). Informal learning and identity formation in online social networks. *Learning, Media and Technology*, 34(2), 119–140.
- Grega, W., & Pilat, A. (2008). Real-time control teaching using LEGO® MINDSTORMS® NXT robot. In M. Ganzha, M. Paprzycki, & T. Pełech-Pilichowski (Eds.), *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology* (Vol. 3, pp. 625–628). Piscataway, NJ: IEEE.

- Hacker, M., de Vries, M. J., & Rossouw, A. (2009). *CCETE project: Concepts and contexts in engineering and technology education – Results of the international research study*. New York, Delft: Hofstra University, Delft University of Technology.
- Haguette, T. M. F. (1995). *Metodologias qualitativas na sociologia*. (4^a ed.). Petrópolis, RJ: Vozes.
- Hall, S. (2006). *A identidade cultural na pós-modernidade*. (11^a ed.). Rio de Janeiro: DP&A Editora.
- Hall, C. S., Lindsey, G., & Campbel, J. B. (2000). *Teorias da personalidade*. (4^a ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Hart, P. (2000). Requisite variety: the problem with generic guidelines for diverse genres of inquiry. *Environmental Education Research*, 6(1), 37–46.
- Hatfield, L. L. (1978). Heuristical emphases in the instruction of mathematical problem-solving: Rationales and research. In L. L. Hatfield, & D. A. Bradbard (Eds.), *Mathematical problem solving: Papers from a research workshop*. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
- Hercheui, M. D. (2011). A literature review of virtual communities. *Information, Communication & Society*, 14(1), 1–23.
- Hiebert, J., & Wearne, D. (1991). Methodologies for studying learning to inform teaching. In E. Fennema, T. P. Carpenter, & S. J. Lamon (Eds.), *Integrating research on teaching and learning mathematics* (pp. 153–176). Albany, NY: State University of New York Press.
- Hopcroft, J. E., Ullman, J. D., & Motwani, R. (2002). *Introdução à teoria dos autômatos, linguagens e computação*. Rio de Janeiro: Campus.
- Huskey, H. (1984). From Pilot ACE the G-15. *IEEE Annals of the History of Computing*, 6(4), 350–371.
- Johnson, J. (2003). Children, robotics and education. *Artificial Life & Robotics*, 7(1–2), 16–21.
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004) Mixed methods research: a research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26.
- Jones, S. G. (1998). Information, internet, and community: Notes toward an understanding of community in the information age. In Jones, S. G. (Ed.), *Cybersociety 2.0: Revisiting computer-mediated communication and community* (pp. 1–34). Thousand Oaks, CA: Sage.

- Jonassen, D., Peck, K., & Wilson, B. (1999). *Learning with technology: A constructivist perspective*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Jurdak, M. (2004). Technology and problem solving in mathematics: Myths and reality. In *Proceedings of the International Conference on Technology in Mathematics Education* (pp. 30–37), Beirut, Lebanon.
- Kantowski, M. G. (1980). Some thoughts on teaching for problem solving. In R. E. Reys (Ed.), *Problem solving in school mathematics* (pp. 195–203). Reston, VA: NCTM.
- Kantowski, M. G. (1977). Processes involved in mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 8(3), 163–180.
- Karp, T., Gale, R., Lowe, L. A., Medina, V., & Beutlich, E. (2010). Generation NXT: Building young engineers with LEGO. *IEEE Transactions on Education*, 33(1), 80–87.
- Kayan, F. (2007). *A study on preservice elementary mathematics teachers' mathematical problem solving beliefs*. (Master's Thesis). Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Keisler, H. J., & Robbin, J. (1996). *Mathematical logic and computability*. New York: McGraw-Hill.
- Kilpatrick, J. (1967) *Analyzing the solutions of word problems in mathematics: An exploratory study*. (Doctoral Dissertation). Stanford University, USA.
- Kipperman, D. (2009). Teaching through technology concepts. In Bekker, A., Mottier, I., & de Vries, M. J. (Eds.), *Strengthening the position of technology education in the curriculum* (pp. 279–283). Reston, VA: International Technology and Engineering Educators Association.
- Kirkwood, K. (2006). If they build it, they will come: Creating opportunities for e-learning communities of practice. In *Universitas 21 Conference on E-learning and Pedagogy* (pp. 1–40). Guadalajara, Mexico.
- Knudsen, J. (1999). *The unofficial guide to Lego Mindstorms robots*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Kvitca, A. (1988). *Resolución de problemas com inteligencia artificial*. Buenos Aires: Editorial Kapeluz.
- Lai, K. W., Pratt, K., Anderson, M., & Stigter, J. (2006). *Literature review and synthesis: Online communities of practice*. Dunedin: Faculty of Education, University of Otago.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.

- Legoinha, P., Pais, J., & Fernandes, J. (2006). O Moodle e as comunidades virtuais de aprendizagem. In *Actas do VII Congresso Nacional de Geologia*. Lisboa: Sociedade Geológica de Portugal.
- Leitzel, J. R. C. (Ed.). (1991). *A call for change: Recommendations for the mathematical preparation of teachers of mathematics*. Washington, DC: Mathematical Association of America.
- Leont'ev, A. (1973). *Linguagem e razão humana*. Lisboa: Editorial Presença.
- Lesh, R. (1987). The evolution of problem representations in the presence of powerful conceptual amplifiers. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 107–206). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lester, F. K. (1994). Musings about mathematical problem-solving research: 1970–1994. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 660–675.
- Lester, F. K. (1993). O que aconteceu à investigação em resolução de problemas de Matemática? A situação nos Estados Unidos. In D. Fernandes, A. Borralho, & G. Amaro (Eds.), *Resolução de problemas: Processos cognitivos, concepções de professores e desenvolvimento curricular* (pp. 13–34). Lisboa: IIE.
- Lester Jr., F. K. & D'Ambrosio, B. S. (1988). Tipos de problemas para a instrução matemática no 1º grau. *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática*, 4, 33–40.
- Lévy, P. (1999). *Cibercultura*. São Paulo: Editora 34.
- Linn, M. C., & Dalbey, J. (1989). Cognitive consequences of programming instruction. In E. Soloway, & J. C. Spohrer (Eds.), *Studying the novice programmer* (pp. 57–81). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lucas, J. (1972). *An exploratory study of the diagnostic teaching of heuristic problem-solving strategies in calculus*. (Doctoral Dissertation). University of Wisconsin, Madison, USA.
- Lucas, J. F., Branca, N., Goldberg, D., Kantowski, M. G., Kellog, H., & Smith, J. (1980). A process-sequence coding system for behavioral analysis of mathematical problem solving. In G. A. Goldin & C. E. McClintock (Eds.), *Task variables in mathematical problem solving* (pp. 353–378). Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
- Luria, A. R. (1981). *Language and cognition*. New York: Wiley.
- Martínez, J. (2003). La importancia del facilitador en los procesos de e-learning. In M. Fontela, N. Hellers, A. Mann, C. Podlesker, & S. Subotovsky (Eds.), *E-Learning: mejores prácticas y recomendaciones para organizaciones iberoamericanas* (Cap. 15). Buenos Aires: Tecnonexo.

- Martínez, J. (2004). *El papel del tutor en el aprendizaje virtual*. Universitat Oberta de Catalunya. Acedido em 10 de setembro de 2009, em <http://www.uoc.edu/dt/20383/index.html>.
- Mason, J. (1998). Resolução de problemas matemáticos no Reino Unido: problemas abertos, fechados e exploratórios. In P. Abrantes, L. C. Leal, & J. Ponte (Orgs.), *Investigar para aprender matemática: textos seleccionados* (pp. 73–88). Lisboa: Projecto MPT e APM.
- Matos, J. (2008). A resolução de problemas e a identidade da educação matemática em Portugal. In R. Luengo González, B. Gómez Alfonso, M. Camacho Machín, & L. J. Blanco Nieto (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XII / Investigação em Educação Matemática XII* (pp. 141–158). Badajoz: SEEM / SEIEM.
- Matos, J. F. (1994). Processos cognitivos envolvidos na resolução de problemas de aplicação da Matemática. In D. Fernandes, A. Borralho, & G. Amaro (Eds.), *Resolução de problemas: processos cognitivos, concepções de professores e desenvolvimento curricular* (pp. 65–91). Lisboa: IIE.
- Matos, J. F., & Carreira, S. (1996). *Modelação e aplicações no ensino da Matemática*. Lisboa: IIE.
- Matos, J. F. (2007). Comunicação e colaboração na construção do conhecimento com utilização das TIC no projecto WebLabs. In F. Costa, H. Peralta, & O. Viseu (Orgs.), *As TIC na educação em Portugal*. Porto: Porto Editora.
- Matos, J. F. (2008). Mediação e colaboração na aprendizagem em matemática com as TIC. In A. P. Canavarró, D. Moreira, & M. I. Rocha (Orgs.), *Tecnologias e educação matemática* (pp. 76–88). Lisboa: Secção de Educação Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação.
- Matos, J. F., Alves, A., Félix, P., David, S., & Ramos, V. (2003). Investigando números com o uso das TIC na matemática escolar: o exemplo do uso do ToonTalk no projecto WabLabs. In A. Cosme, H. Pinto, H. Menino, I. Rocha, M. Pires, M. Rodrigues, R. Cadima, & R. Costa (Orgs.), *Actas do XIV Seminário de Investigação em Educação Matemática*. Leiria: APM.
- Matos, J. F., & Santos, M. (2008). *Documento online do projeto LEARN*. Acedido em 12 de dezembro de 2011, em <http://learn-participar-situada.wikispaces.com/methodology>.
- McNally, M., Goldweber, M., Fagin, B., & Klassner, F. (2006). Do LEGO Mindstorms robots have a future in CS education? *SIGCSE Bulletin*, 38(1), 61–62.
- Mendes, A. J., & Marcelino, M. J. (2012). *Fundamentos de programação em Java* (4ª ed.). Lisboa: FCA – Editora de Informática.

- Mendonça, M. C. (1999). Resolução de problemas pede (re)formulação. In P. Abrantes, J. P. Ponte, H. Fonseca, & L. Brunheira (Orgs.). *Investigações matemáticas na aula e no currículo*. Lisboa: APM.
- Minayo, M. C. S. (1994). *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo, Rio de Janeiro: Editora Hucitec, ABRASCO.
- Moreira, M. A., & Massini, E. F. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU.
- Mosley, P., & Kline, R. (2008). Engaging students: A framework using LEGO® robotics to teach problem solving. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, 24(1), 39–45.
- Nagel, E., & Newman, J. (2001). *A prova de Gödel*. São Paulo: Editora Perspectiva.
- Nardi, B. A., & Zamer, C. L. (1993). Beyond models and metaphors: Visual formalisms in user interface design. *Journal of Visual Languages and Computing*, 4(1), 5–33.
- Nataraj, C., Reddy, C., Woods, M., Samanta, B., & Nataraj, C. (2010). Swarm robotics: A research project with high school students as active participants. In *American Society of Engineering Education Annual Conference* (Paper No. AC 2010-1655), Louisville, KY.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1980). *An agenda for action: Recommendations for school mathematics of the 1980s*. Reston, VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- NCTM. (2007). *Princípios e normas para a matemática escolar*. Lisboa: APM.
- Neus, A. (2001). Managing information quality in virtual communities of practice. In E. Pierce, & R. Katz-Haas (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Information Quality at MIT*. Boston, MA: Sloan School of Management.
- Niess, M. L. (2005). Scaffolding math learning with spreadsheets. *Learning and Leading with Technology*, 32(5), 24–48.
- Nozick, R. (1990). *The examined life: Philosophical meditations*. New Yor: Simon & Schuster.
- Oliveira, M. K. (2008). *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione.

- Oliveira, R. (2007). *A robótica na aprendizagem da matemática: um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade*. (Dissertação de Mestrado). Universidade da Madeira, Funchal, Portugal.
- Oliveira, R., Fernandes, E., & Fermé, E. (2007). Proporcionalidade directa como função: da perfeição à realidade a bordo de um robot. *Quadrante: Revista de Investigação em Educação Matemática*, 15(1), 81–109.
- Palloff, R. M., & Pratt, K. (2007). *Building online learning communities*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Palya, W. (2012). *Encyclopedia of psychology*. Acedido em 18 de maio de 2012, em <http://www.psychology.org/>.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. New York: BasicBooks.
- Papert, S. (1981). *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. New York: BasicBooks.
- Pérez Gómez, A. I. (1996). Los procesos de enseñanza-aprendizaje: análisis didáctico de las principales teorías del aprendizaje. In J. Gimeno Sacristán, & A. I. Pérez Gómez (Eds.), *Comprender y transformar la enseñanza* (4ª ed., pp. 34–62). Madrid: Ediciones Morata.
- Perkins, D. N. (1981). *The mind's best work*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pestana, H. G. (2008). *Droide MLP – NXT software development kit*. (Dissertação de Mestrado). Universidade da Madeira, Funchal, Portugal.
- Piaget, J. (1974). *To understand is to invent*. New York: Basic Books.
- Piaget, J. (2002). *Epistemologia genética*. São Paulo: Martins Fontes.
- Pólya, G. (1978). *A arte de resolver problemas*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Ponte, J. P. (2006). Estudos de caso em educação matemática. *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática*, 25, 105–132.
- Ponte, J. P. (2008). A investigação em educação matemática em Portugal: realizações e perspectivas. In R. Luengo-González, B. Gómez-Alfonso, M. Camacho-Machín, & L. J. Blanco Nieto (Eds.), *Investigación en educación matemática XII / Investigação em Educação Matemática XII* (pp. 55–78). Badajoz: SEEM / SEIEM.
- Ponte, J. P. (1993). A educação matemática em Portugal: os primeiros passos de uma comunidade de investigação. *Quadrante: Revista de Investigação em Educação Matemática*, 2(2), 95–125.

- Ponte, J. P., Fernandes, D., Matos, J. F., & Matos, J. M. (Eds.). (1992). *Mathematical problem solving and information technologies: Research in contexts of practice*. Berlim: Springer.
- Ponte, J. P., & Oliveira, H. (2001). Comunidades virtuais no ensino, na aprendizagem e na formação. In D. Moreira, C. Lopes, I. Oliveira, J. M. Matos, & L. Vicente (Eds.), *Matemática e comunidades: a diversidade social no ensino aprendizagem da matemática* (pp. 65–70). Lisboa: SEM-SPCE e IIE.
- Pratt, K. (1996). *The electronic personality*. (Doctoral Dissertation). Fielding Graduate University, Santa Barbara, CA, USA.
- Preece, J., & Maloney-Krichmar, D. (2003). Online communities: Focusing on sociability and usability. In J. Jacko, & A. Sears (Eds.), *The human-computer interaction handbook* (pp. 596–620). Mahwah, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5): 1–6.
- Price, B. A., Richards, M., Petre, M., Hirst, A., & Johnson, J. (2003). Developing robotics e-teaching for teamwork. *International Journal of Continuous Engineering Education and Life-Long Learning*, 13(1–2), 190–205.
- Proulx, V. K., & Gray, K. E. (2006). Design of class hierarchies: An introduction to OO program design. In *Proceedings of the 37th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 288–292). New York: ACM Press.
- Raadt, M. D., Toleman, M., & Watson, R. (2004). Training strategic problem solvers. *SIGCSE Bulletin*, 36(2): 48–51.
- Ratner, C. (1985). *A psicologia sócio-histórica de Vygotsky: aplicações contemporâneas*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Reisberg, D. (1987). External representations and the advantages of externalizing one's thoughts. In *Proceedings of the 8th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 281–293). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Resnick, M. (2012). Point of view: Reviving Papert's dream. *Educational Technology*, 54(4), 42–45.
- Rheingold, H. (1993). *The virtual community: Homesteading on the electronic frontier*. New York: Perseus Books.
- Ribeiro, C., Coutinho, C., & Costa, M. F. (2011). A robótica educativa como ferramenta pedagógica na resolução de problemas de matemática no ensino básico. In *Actas da 6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação* (pp. 440–445). Porto: AISTI.

- Rocha, H. (2002). A utilização que os alunos fazem da calculadora gráfica nas aulas de Matemática. *Quadrante: Revista de Investigação em Educação Matemática*, 11(2), 3–27.
- Rodríguez Illera, J. L. (2008). Comunidades virtuales, práctica y aprendizaje: elementos para una problemática. In J. L. Rodríguez Illera (Coord.), *Comunidades virtuales de práctica y de aprendizaje* (pp. 11–23). Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M. (2008). New pathways into robotics: Strategies for broadening participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 59–69.
- Säljö, R. (1999). Learning as the use of tools: A sociocultural perspective on the human-technology link. In K. Littleton, & P. Light (Eds.), *Learning and computers: Analysing productive interactions* (pp. 144–166). London: Routledge.
- Säljö, R. (2010). Learning in a sociocultural perspective. In V. G. Aukrust (Ed.), *Learning and cognition in education* (pp. 59–63). Kidlington, UK: Elsevier.
- Santos, E. A. A. (1998). *Modelagem matemática e computação no ensino de cálculo diferencial e integral*. (Monografia de Especialização). Universidade de Santa Cruz do Sul, Brasil.
- Santos, E. A. (2012). Robots as learning mediators in a virtual community of practice. In L. Gómez Chova, A. López Martínez, & I. Candel Torres (Eds.), *INTED2012 Proceedings: 6th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 6727–6731). Valencia, Spain: IATED.
- Santos, E. A. A., Fermé, E. L., & Fernandes, E. M. S. (2007a). Droide Virtual – utilização de robots na aprendizagem colaborativa da programação através da Web. In P. Dias, C. V. Freitas, B. Silva, A. Osório, & A. Ramos (Eds.), *Actas da V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação – Challenges 2007* (pp. 263–267). Braga: Universidade do Minho.
- Santos, E. A., Fermé, E., & Fernandes, E. (2007b). Utilização de robots no ensino de programação: o projeto DROIDE. In J. M. Sousa (Org.), *Actas do IX Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação – Educação para o Sucesso: Políticas e Actores*. Lisboa: SPCE.
- Santos, M. P. (2004). *Encontros e esperas com os arduinos de Cabo Verde: aprendizagem e participação numa prática social*. (Tese de Doutoramento). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Santos Trigo, M. (2008). La resolución de problemas matemáticos: avances y perspectivas en la construcción de una agenda de investigación y práctica. In: In R. Luengo González, B. Gómez Alfonso, M. Camacho Machín, & L. J.

- Blanco Nieto (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XII / Investigação em Educação Matemática XII* (pp. 159–192). Badajoz: SEEM / SEIEM.
- Santos Trigo, M. L. (2011). La educación matemática, resolución de problemas y el empleo de herramientas computacionales. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 8, 35–54.
- Sendova, E., Nikolova, I., Gachev G., & Moneva , L. (2004). WebLabs: A virtual laboratory for collaborative e-learning. In C. D. Kloos, & A. Pardo (Eds.), *EduTech: Computer-aided design meets computer aided learning* (pp. 215–221). Amsterdam: Kluwer.
- Shaffer, C., & Anundsen, K. (1993). *Creating community anywhere*. New York: Jeremy P. Tarcher/Perigee Books.
- Schoenfeld, A. H. (1979). Explicit heuristic training as a variable in problem-solving performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10, 173–187.
- Schoenfeld, A. H. (1980). Heuristics in the classroom. In S. Krulic, & R. E. Reys (Eds.), *Problem solving in school mathematics* (pp. 9–22). Reston, VA: NCTM.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. London: Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1991). What's all the fuss about problem solving? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 91(1), 4–8.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. Reston, VA: NCTM.
- Schoenfeld, A. H. (2007). *Problem solving in the United States, 1970–2008: Research and theory, practice and politics*. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 39, 537–551.
- Schoenfeld, A. H. (2012). Problematising the didactic triangle. *ZDM Mathematics Education*, 44(5), 587–599.
- Schultz, A. (1962). *Collected papers*. Vols. I–II. The Hague: Nijhoff.
- Schwier, R. (2002). Shaping the metaphor of community in online learning environments. In *Proceedings of the International Symposium on Educational Conferencing*, Banff, Alberta, Canada. Acedido em 10 de abril de 2010, em <http://cde.athabascau.ca/ISEC2002/papers/schwier.pdf>.
- Sheingold, K., & Hadley, M. (1990). *Accomplished teachers: Integrating computers into classroom practice*. New York: Center for Technology in Education, Bank Street College.

- Shin, N., & Kim, S. (2007). Learning about, from, and with robots: Students' perspectives. In *Proceedings of the 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (pp. 26–29), Jeju Island, Korea.
- Slangen, L., van Keulen, H., & Gravemeijer, K. (2011). What pupils can learn from working with robotic direct manipulation environments. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 449–469.
- Soltis, J. F. (1984). On the nature of educational research. *Educational Researcher*, 13(10), 5–10.
- Spradley, J. P. (1980). *Participant observation*. New York: Rinehart and Winston.
- Stanic, G. M. A., & Kilpatrick, J. (1989). Historical perspectives on problem solving in the mathematics curriculum. In R. I. Charles, & E. A. Silver (Eds.), *The teaching and assessing of mathematical problem solving* (pp. 1–22). Reston, VA: NCTM / Lawrence Erlbaum Associates.
- Tu, J.-J., & Johnson, J. R. (1990). Can computer programming improve problem-solving ability? *SIGCSE Bulletin*, 22(2): 30–37.
- Vasconcelos, C., Lopes, B., Costa, N., Marques, L., & Carrasquinho, S. (2007). Estado da arte na resolução de problemas em educação em ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 235–245.
- Vygotsky, L. S. (1978) *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1997). The instrumental method in psychology. In R. Reiber, & J. Wollock (Eds.), *The collected works of L. S. Vygotsky* (Vol. 3, pp. 85–89). London: Plenum Press.
- Wang, Y.-C., Chen, C.-H., Chang, C.-W., Chen, D.-D., & Chen, Q. (2009). The comparison of motivation and interaction between virtual characters and robots in mixed reality. In S. C. Kong, H. Ogata, H. C. Arnseth, C. K. K. Chan, T. Hirashima, F. Klett, J. H. M. Lee, , C. C. Liu, C. K. Looi, M. Milrad, A. Mitrovic, K. Nakabayashi, S. L. Wong, & S. J. H. Yang (Eds.). *Proceedings of the 17th International Conference on Computers in Education* (pp. 743–747). Hong Kong: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Wartofsky, M. (1973). *Models: representation and the scientific understanding*. Dordrecht: D. Reidel.
- Wasko, M. M., & S. Faraj, S. (2000). It is what one does: Why people participate and help others in electronic communities of practice. *Journal of Strategic Information Systems*, 9, 155–173.

- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. New York: Cambridge University Press.
- Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Wenger, E., White, N., & Smith, J. D. (2009). *Digital habitats: Stewarding technology for communities*. Portland, OR: CPsquare.
- Wertsch, J. V., del Río, P., & Alvarez, A. (1998). *Estudos socioculturais da mente*. Porto Alegre: Artmed.
- Whyte, W. F. (2005). *Sociedade de esquina: a estrutura social de uma área urbana pobre e degradada*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Witherspoon, T. L., Reynolds, K. V., Alagic, A., & Copas, G. M. (2004). A model for an online, global, constructionist learning environment: Robotics around the world. In *Proceedings of the 15th International Conference of the Society for Information Technology & Teacher Education* (pp. 3083–3088). Chesapeake, VA: Association for Advancement of Computers in Education.
- Wong, K.-W. (2001). Teaching programming with Lego RCX robots. In D. Colton, S. Feather, M. Payne, & W. Tastle (Eds.), *Proceedings of the 18th Annual Information Systems Education Conference*. Chicago, IL: AITP Foundation for Information Technology Education.
- Xie, L., Antle, A. N., & Motamedi, N. (2008). Are tangibles more fun? Comparing children's enjoyment and engagement using physical, graphical and tangible user interfaces. In A. Schmidt, H.-W. Gellersen, E. van den Hoven, A. Mazalek, P. Holleis, & N. Villar (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction* (pp. 191–198). New York: ACM Press.
- Zbiek, R. M., Heid, M. K., Blume, G. W., & Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education: A perspective of constructs. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (Vol. II, pp. 1169–1207). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Zilli, S. (2004). *A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Zinchenko, V. P. (1998). A psicologia histórico-cultural e a teoria psicológica da atividade: retrospectos e prospectos. In J. V. Wertsch, P. del Río, & A. Alvarez. *Estudos socioculturais da mente* (pp. 41–55). Porto Alegre: Artmed.

Ziviani, N. (2007). *Projeto de algoritmos com implementação em C++ e Java*. São Paulo: Thomson Learning.

Anexo A

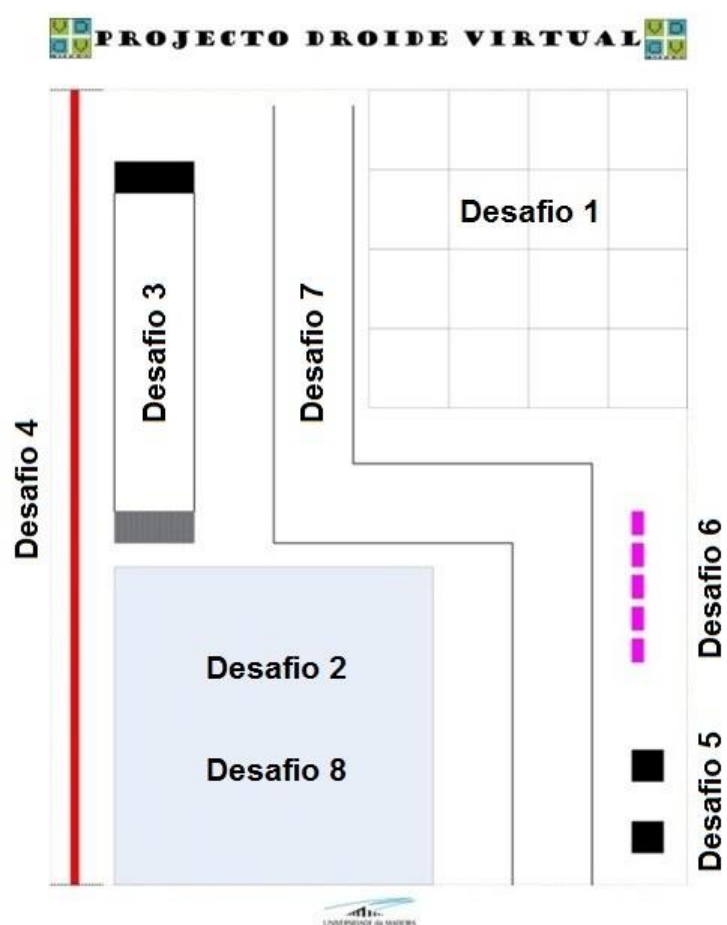


Figura A.1 – Tabuleiro utilizado no projeto.

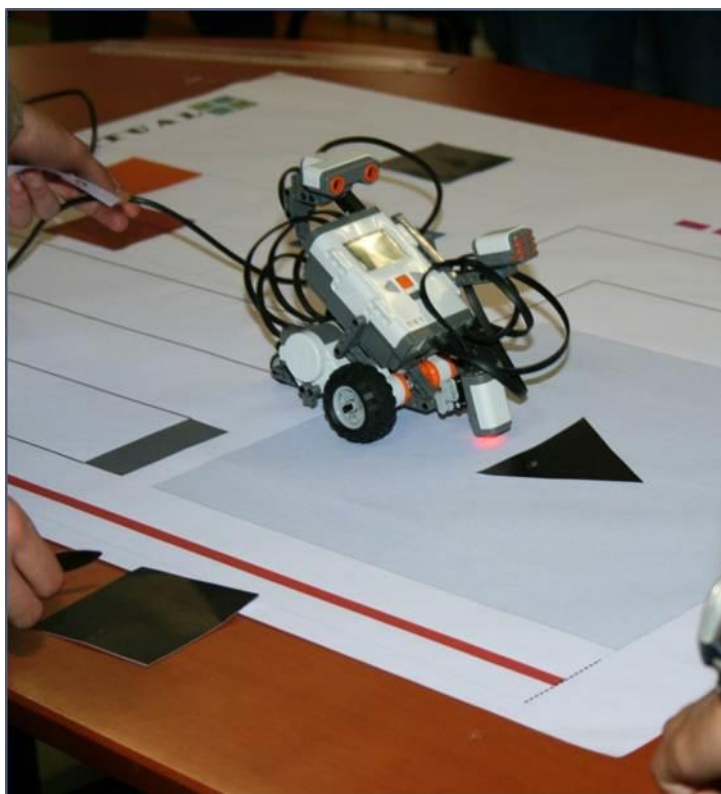


Figura A.2 – Resolução do problema-desafio nº 8.

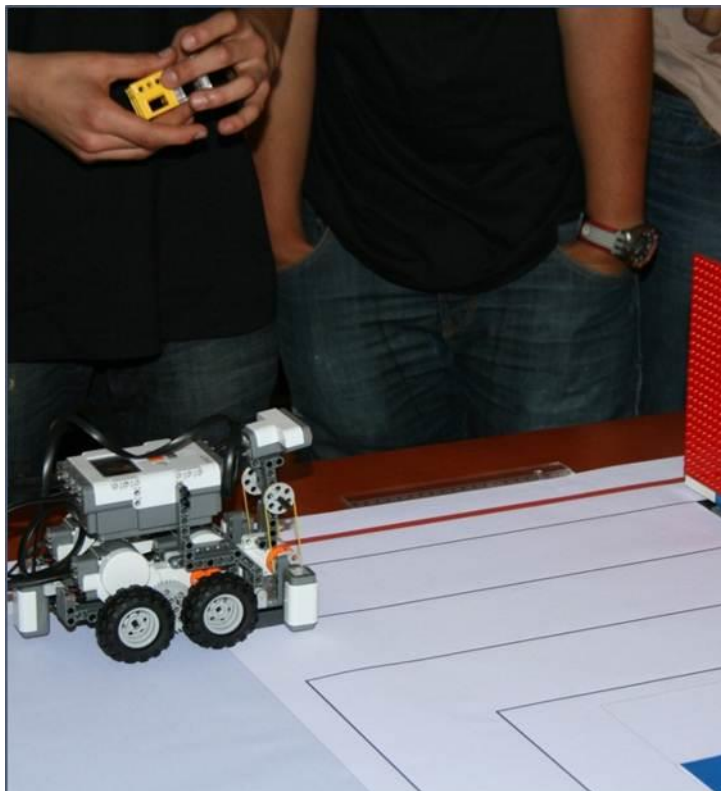


Figura A.3 – Resolução do problema-desafio nº 3.

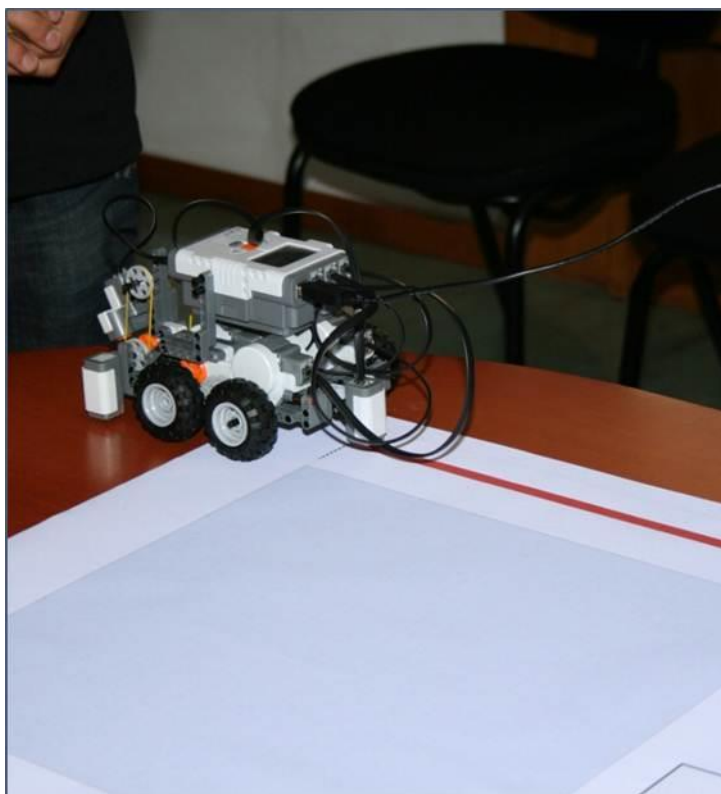


Figura A.4 – Resolução do problema-desafio nº 4.



Figura A.5 – Resolução do problema-desafio nº 2.

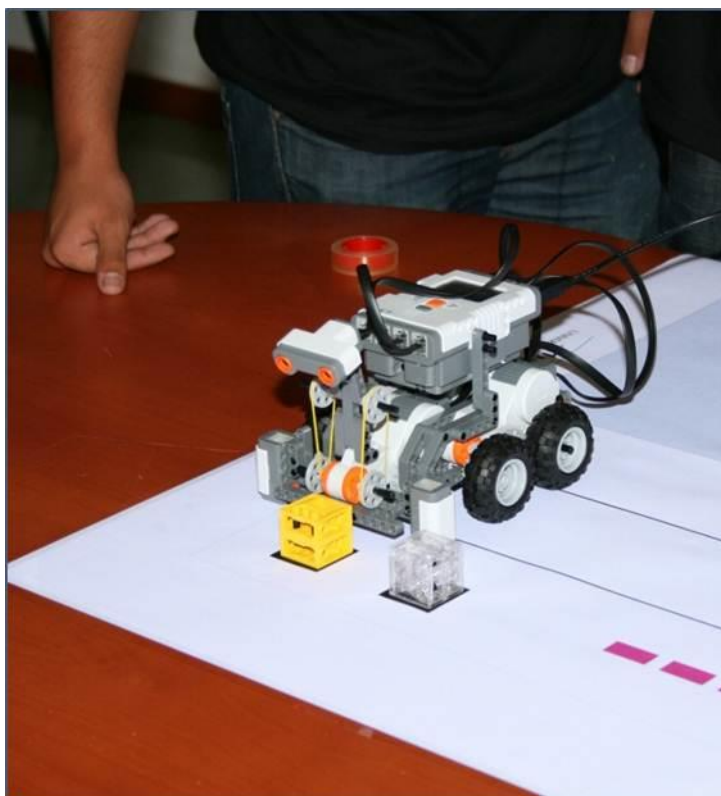


Figura A.6 – Resolução do problema-desafio nº 5.